

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**

DIPLOMSKI RAD

Mentor
Prof. dr. sc. Tomislav Zaplatić

Hrvoje Car

Zagreb, 2009.

SADRŽAJ

SAŽETAK	3
POPIS SLIKA	4
POPIS TABLICA	5
1. UVOD	7
1.1. Tehnološki proces u brodogradnji	7
1.2. Automatizirana i robotizirana linija	8
2. OPIS LINIJA ZA IZRADU PODSKLOPOVA BRODSKOG TRUPA	9
2.1. Općenito	9
2.2. Automatizirana linija za izradu podsklopova	9
2.2.1. Osnovna koncepcija	9
2.2.2. Tehničke karakteristike	11
2.2.3. Tehnološke karakteristike	15
2.3. Robotizirana linija za izradu podsklopova	17
2.3.1. Osnovna koncepcija	17
2.3.2. Tehničke karakteristike	18
2.3.3. Tehnološke karakteristike	20
3. KOLIČINA I ASORTIMAN PROIZVODNOG PROGRAMA LINIJA	21
3.1. Označavanje makroprostora i grupa broskog trupa	21
3.2. Koncept analize	22
3.3. Vrste i količine podsklopova za automatiziranu i robotiziranu liniju	23
3.3.1. Podsklopovi tankera	23
3.3.2. Podsklopovi broda za prijevoz automobila	30
3.3.3. Količina i asortiman proizvoda CA i CR linija	39
4. PRORAČUN TAKTNIH VREMENA AUTOMATIZIRANE LINIJE	41
4.1. Proračun trajanja taktova	41
4.2. Taktna vremena pri izradi podsklopova tankera	44
4.2.1. Grupa 3510	44
4.2.2. Grupa 3550	50
4.3. Taktna vremena pri izradi podsklopova broda za prijevoz automobila	53
4.3.1. Grupa 3511	53
4.3.2. Grupa 3551	58
4.3.3. Grupa 3552	60
5. PRORAČUN TAKTNIH VREMENA ROBOTIZIRANE LINIJE	62
5.1. Proračun trajanja taktova	62
5.2. Taktna vremena pri izradi podsklopova tankera	64
5.2.1. Grupa 3510	64
5.2.2. Grupa 3550	68
5.3. Taktna vremena pri izradi podsklopova broda za prijevoz automobila	72
5.3.1. Grupa 3511	72
6. OPTEREĆENJE AUTOMATIZIRANE LINIJE	74
6.1. Grupe tankera	75
6.1.1. Grupa 3510	75
6.1.2. Grupa 3550	77
6.2. Grupe broda za prijevoz automobila	78
6.2.1. Grupa 3511	78

6.2.2. Grupa 3551	80
6.2.3. Grupa 3552	81
6.3. Usporedba opterećenja i kapaciteta automatizirane linije	83
7. OPTEREĆENJE ROBOTIZIRANE LINIJE	85
7.1. Grupe tankera	86
7.1.1. Grupa 3510	86
7.1.2. Grupa 3550	88
7.2. Grupe broda za prijevoz automobila	89
7.2.1. Grupa 3511	89
7.3. Usporedba opterećenja i kapaciteta robotizirane linije	90
8. UTROŠAK DODATNOG MATERIJALA	92
8.1. Utrošak dodatnog materijala za automatiziranu liniju	94
8.2. Utrošak dodatnog materijala za robotiziranu liniju	95
9. TEHNOEKONOMSKA ANALIZA	96
9.1. Cijena rada automatizirane linije i usporedba s klasičnim načinom	96
9.2. Cijena rada robotizirane linije i usporedba s klasičnim načinom	97
10. ZAKLJUČAK	98
LITERATURA	101

SAŽETAK

Brodogradnja je grana industrije poznata po tome što je njezin finalni proizvod vrlo složen i od kapitalne vrijednosti.

Osuremenjivanje brodograđevnog proizvodnog procesa u fazi predmontaže temelji se na uvođenju automatiziranih i robotiziranih proizvodnih linija.

Cilj ovog rada je analizirati rad linija za izradu podsklopova brodskog trupa.

U uvodnom poglavlju je ukratko objašnjen tehnološki proces u brodogradnji te je u njemu, kao podproces, locirana izrada podsklopova.

U 2. poglavlju opisane su osnovna koncepcija, tehničke i tehnološke karakteristike automatizirane i robotizirane linije.

U 3. poglavlju se analizom jednog prstena u teretnom prostoru tankera i jednog prstena u teretnom prostoru broda za prijevoz automobila došlo do broja istovrsnih podsklopova unutar jedne grupe.

U poglavljima 4 i 5 računala su se taktna vremena izrade karakterističnih podsklopova koja su u poglavljima 6 i 7 korištena za proračun trajanja vremena izrade svih podsklopova u teretnim prostorima brodova navedenih u godišnjem proizvodnom programu brodogradilišta.

U 9. poglavlju je određena isplativost linija u odnosu na klasični način proizvodnje.

POPIS SLIKA

Slika 1. Radna platforma automatizirane linije.....	11
Slika 2. Poluportal za postavljanje i privarivanje ukrepa.....	13
Slika 3. Poluportal za automatsko zavarivanje	14
Slika 4. Smjer ukrepa na limu za automatiziranu liniju	16
Slika 5. Robotizirana linija za izradu podsklopova.....	17
Slika 6. Poluportal s robotom za zavarivanje.....	19
Slika 7. Smjerovi x i y robotizirane linije	20
Slika 8. Smjer ukrepa podsklopova robotizirane linije	20
Slika 9. Rebrenice dvodna	44
Slika 10. Koljeno uzvojnog tanka.....	45
Slika 11. Smještaj podsklopova na radnoj platformi	45
Slika 12. Uzdužni nosač	48
Slika 13. Smještaj podsklopova na radnoj platformi	48
Slika 14. Pokrov gornjeg bočnog tanka	50
Slika 15. Koljeno proveze	50
Slika 16. Smještaj podsklopova na radnoj platformi	51
Slika 17. Koljeno hrptenice	53
Slika 18. Smještaj podsklopova na radnoj platformi	53
Slika 19. Uzdužni nosač	56
Slika 20. Smještaj podsklopa na radnoj platformi.....	56
Slika 21. Okvirno rebro	58
Slika 22. Smještaj podsklopova na radnoj platformi	58
Slika 23. Koljeno proveze	60
Slika 24. Smještaj podsklopova na radnoj platformi	60
Slika 25. Koljeno tunelske kobilica	64
Slika 26. Okvirno koljeno stoola	66
Slika 27. Okvirno koljeno gornjeg bočnog tanka.....	68
Slika 28. Okvirno rebro	70
Slika 29. Rebrenica	72
Slika 30. Nazivna mjera kutnog zavora kod jednostranog kutnog zavarivanja	92

POPIS TABLICA

Tablica 1. Tehničke karakteristike radne platforme i transportnog sustava	11
Tablica 2. Tehničke karakteristike poluportala za privarivanje ukrepa.....	12
Tablica 3. Tehničke karakteristike poluportala za automatsko zavarivanje	14
Tablica 4. Tehnološke karakteristike automatizirane linije.....	15
Tablica 5. Tehničke karakteristike poluportala za robotsko zavarivanje	18
Tablica 6. Vrste i količine podsklopova za CA liniju za tanker	23
Tablica 7. Vrste i količine podsklopova za CR liniju za tanker	27
Tablica 8. Vrste i količine podsklopova za CA liniju za brod za prijevoz automobila	30
Tablica 9. Vrste i količine podsklopova za CR liniju za brod za prijevoz automobila	37
Tablica 10. Količina i asortiman CA linije po jednoj grupi za tanker.....	39
Tablica 11. Količina i asortiman CR linije po jednoj grupi za tanker	39
Tablica 12. Količina i asortiman CA linije po jednoj grupi za brod za prijevoz automobila.....	40
Tablica 13. Količina i asortiman CR linije po jednoj grupi za brod za prijevoz automobila.....	40
Tablica 14. Trajanje operacija 2. takta.....	41
Tablica 15. Vrsta i količina podsklopova u grupi dvodna 3510	75
Tablica 16. Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe 3510.....	76
Tablica 17. Vrsta i količina podsklopova u grupi dvoboka 3550	77
Tablica 18. Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe 3550.....	77
Tablica 19. Vrsta i količina podsklopova u grupi dvodna 3511	78
Tablica 20. Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe 3511.....	79
Tablica 21. Vrsta i količina podsklopova u grupi boka 3551	80
Tablica 22. Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe 3551.....	80
Tablica 23. Vrsta i količina podsklopova u grupi 3552.....	81
Tablica 24. Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe 3552.....	82
Tablica 25. Ukupno vrijeme izrade podsklopova tankera za CA liniju	83
Tablica 26. Ukupno vrijeme izrade podsklopova broda za prijevoz automobila za CA liniju	83
Tablica 27. Godišnji fond sati automatizirane linije.....	84
Tablica 28. Vrste i količine podsklopova u grupi 3510.....	86
Tablica 29. Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe 3510.....	86
Tablica 30. Vrste i količine podsklopova u grupi 3550.....	88
Tablica 31. Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe 3550.....	88
Tablica 32. Količina i vrsta podsklopova u grupi 3511	89
Tablica 33. Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe 3511.....	89
Tablica 34. Ukupno vrijeme izrade podsklopova tankera za CR liniju	90
Tablica 35. Ukupno vrijeme izrade podsklopova broda za prijevoz automobila za CR liniju	90
Tablica 36. Godišnji fond sati robotizirane linije.....	91
Tablica 37. Utrošak dodatnog materijala za 3 tankera	94
Tablica 38. Utrošak dodatnog materijala za 2 broda za prijevoz automobila.....	94
Tablica 39. Utrošak dodatnog materijala za 3 tankera	95

Tablica 40. Utrošak dodatnog materijala za 2 broda za prijevoz automobila.....	95
Tablica 41. Troškovi rada automatizirane linije i klasičnog načina rada	96
Tablica 42. Troškovi rada robotizirane linije i klasičnog načina rada	97

1. UVOD

1.1. Tehnološki proces u brodogradnji

Tehnološki proces je slijed radnih operacija prerade i transporta materijala sa svrhom da se dobije željeni proizvod.

U brodogradilištima, zbog specifičnosti i kompleksnosti finalnog proizvoda, tehnološki proces je isprekidan ili intermitentan. Takav proces sadrži velik broj tokova prerade, a radne operacije različito vremenski traju i rijetko se ponavljaju.

Tehnološki proces, osim isprekidan, može biti i ponavljajući. Glavna karakteristika ponavljajućeg procesa je kretanje proizvoda od jednog do drugog radnog mjesta, a radne operacije se na pojedinim radnim mjestima ponavljaju. Ovime je omogućena standardizacija radnih postupaka, što za posljedicu ima manji broj grešaka u procesu, te specijalizacija ljudi i alata. Također, uvođenjem ponavljajućeg tehnološkog procesa smanjuju se trošovi izrade željenog proizvoda i vrijeme izrade, a povećava se upravljivost procesom.

Iz gore navedenih razloga, neki od podprocesa u brodogradnji se pokušavaju organizirati kao ponavljajući.

Tehnološka faza sastavljanja čelika, odnosno predmontaža, uz obradu i montažu grupa na navozu čini globalni tehnološki proces gradnje broda.

Glavne operacije u procesu sastavljanja su:

- izrada panela
 - ravni paneli formirani od limova
 - ravni ukrepljeni paneli
- izrada podsklopova
 - rebrenice, uzdužni nosači, okviri, koljena
- izrada ravnih sklopova ili ravnih plošnih sekcija
 - sklopovi glavne palube, vanjske oplate boka u području paralelnog srednjaka
- izrada zakrivljenih sklopova ili zakrivljenih plošnih sekcija
 - sklopovi vanjske oplate boka na prijelazu paralelnog srednjaka u pikove
- izrada ravnih volumenskih sekcija
 - sekcije dvodna
 - sekcije nadgrađa
- izrada zakrivljenih volumenskih sekcija
 - sekcije pikova i strojarnice

U tehnološkoj fazi predmontaže ponavljajući proces uveden je prvo pri izradi ukrepljenih panela na tzv. panel linijama. Kod panel linije se u određenom broju taktova kao konačni proizvod dobiva ukrepljeni panel koji se sastoji od nekoliko zavarenih limova na koje su zavarene ukrepe 1. reda.

Daljnji korak u osuvremenjivanju u fazi predmontaže je uvođenje automatiziranih odnosno robotiziranih linija za izradu podsklopova.

1.2. Automatizirana i robotizirana linija

Brodski trup sastoji se od velikog broja podsklopova. Analiza podsklopova broskog trupa pokazala je da se svi podsklopovi mogu podijeliti u dvije osnovne grupe koje, gledano s proizvodnog aspekta, imaju određenih sličnosti

Prvu grupu čine:

- ukrepljene rebrenice
- ukrepljeni uzdužni nosači
- ukrepljeni okviri dvostrukih vanjskih oplata
- ukrepljene stijene nadgrađa i dr.

Drugu grupu čine:

- ukrepljeni okviri (npr. uzvojnih i gornjih bočnih tankova)
- ukrepljena koljena
- ukrepljene rebrenice krmenog pika i dr.

Gore navedeni podsklopovi pojavljuju se u brodskom trupu u velikom broju. To pojavljivanje istovrsnih podsklopova (po veličini, broju elemenata, istom tehnološkom postupku) u velikom broju omogućuje njihovu serijsku proizvodnju. Serijska proizvodnja omogućuje da su pojedine tehnološke operacije međusobno odvojene i da obavezno slijede jedna iza druge.

Suvremene automatizirane linije za izradu podsklopova organiziraju se tako da niz operacija čini jedan jedan takt u proizvodnoj liniji, gdje se proizvod kreće od takta na takt. Trajanje jednog takta odgovara trajanju radnih operacija koje se u tom taktu obavljaju. Kako ne bi dolazilo do zastoja u proizvodnji bitno je postići približno jednaka vremena trajanja taktova.

Kod robotizirane linije nije prisutan koncept kretanja proizvoda od jednog do drugog radnog mjesta nego proizvod od prve do posljednje radne operacije ostaje na jednom mjestu. Iako ovdje nema proizvodne linije u smislu kretanja proizvoda, moguće je uočiti taktove, jer kada je gotov jedan niz operacija koje predstavljaju jedan takt iza njih odmah slijedi niz operacija koji predstavlja sljedeći takt..

Podsklopovi koji se proizvode na automatiziranoj liniji spadaju u prvu grupu gore navedenih podsklopova i većih su dimenzija od podsklopova iz druge grupe, a koji se proizvode na robotiziranoj liniji. Podsklopovi koji se proizvode na automatiziranoj odnosno robotiziranoj liniji razlikuju se i po položaju ukrepa koje se na njih ugrađuju što je detaljnije objašnjeno u opisu linija.

Gotovi podsklopovi čine montažne elemente u daljnjem toku predmontažnog procesa.

2. OPIS LINIJA ZA IZRADU PODSKLOPOVA BRODSKOG TRUPA

2.1. Općenito

Podsklopovi broskog trupa proizvode se na dvije odvojene proizvodne linije – automatiziranoj i robotiziranoj.

U točkama koje slijede biti će opisane ove dvije linije, njihova osnovna koncepcija, tehničke i tehnološke karakteristike i proizvodne mogućnosti.

2.2. Automatizirana linija za izradu podsklopova

Navedeni podaci preuzeti su iz lit. [1].

2.2.1. Osnovna koncepcija

Proizvodni proces je organiziran na pet radnih stanica na kojima se odvijaju sljedeće operacije:

1. stanica: pozicioniranje lima / limova
2. stanica: postavljanje i privarivanje ukrepa
3. stanica: automatizirano zavarivanje ukrepa
4. stanica: ručno zavarivanje
5. stanica: ispravci i kontrola

Linija je organizirana kao protočna tako da se radne platforme kreću šinama od stanice do stanice. Kretanje platformi je izvedeno pomoću pogonskih valjaka. Svaka stanica posjeduje po jedan pogonski valjak postavljen na uzdužnoj simetrali linije. Linija je reverzibilna i funkcionira na način da se radna platforma, kada je došla do kraja linije, vraća pomoću mosne dizalice na početak.

Slijedi detaljniji opis operacija po stanicama.

1.stanica - postavljanje lima / limova

Limovi, koji su izrezani na strojevima za rezanje (plinsko, plazma) i složeni u kupove prema redosljedu postavljanja, se odlažu na međuskладиšte koje se nalazi ispred prve linije. Magnetskom gredom postavljenoj na mosnoj dizalici limovi se uzimaju s kupova i postavljaju na radnu platformu.

Na radnu platformu može biti postavljen jedan ili više limova, a svaki pripada različitom podsklopu.

Kada je postavljanje obavljeno, radna platforma je spremna za transportiranje do sljedeće radne stanice.

2. stanica – postavljanje i privarivanje ukrepa

Na 2.stanici se ukrepe postavljaju na označena mjesta na limu i potom se privaruju. Paleta s ukrepama se nalazi bočno od radne platforme, a ukrepe su na njoj složene po redoslijedu privarivanja na lim.

Ove operacije izvodi poluportal za postavljanje i privarivanje ukrepa. Poluportal posjeduje teleskopski stup opremljen magnetskom gredom. Magnetska greda je okretna kako bi mogla postaviti ukrepljenje u svim smjerovima u horizontalnoj ravnini. Na magnetskoj gredi se nalaze i 4 para pritisknih hidrauličkih cilindara.

Ukrepljenje se donosi iz palete pomoću magnetske grede te se smješta na prije označene teoretske crte. Potom se aktiviraju cilindri na magnetskoj gredi i pritišću ukrepu na lim kako bi ostvarili potreban kontakt za privarivanje.

Za pripojno zavarivanje se koristi poluautomatska zavarivačka jedinica. Ona se sastoji od 2 poluautomata za MIG / MAG zavarivanje ovješena na portalu. Privarivanje obavlja zavarivač, a žica za privarivanje se dobavlja automatski.

Poluportalom upravlja jedan operater pomoću daljinskog radio upravljača.

3. stanica – automatizirano zavarivanje ukrepa

Nakon privarivanja na 2. stanici, radna platforma se premješta na 3. stanicu gdje se ukrepe zavaruju pomoću poluportala za obostrano kutno zavarivanje. Poluportal je opremljen jednim uređajem za obostrano kutno MIG / MAG zavarivanje i pripadajućom opremom, a njime upravlja jedan operater.

4. stanica – ručno zavarivanje

Ukrepe koje su okomite na one zavarene na 3. stanici zavaruju se ručno na 4. stanici. Ovakav princip se koristi jer bi automatsko zavarivanje i ovih ukrepa uključivalo velik broj stani / kreni ciklusa zavarivanja, što bi produljivalo vrijeme izrade podsklopa.

Ova stanica je opremljena s dva konzolna nosača, svaki s po jednom jedinicom za poluautomatsko MIG / MAG zavarivanje.

5. stanica – ispravci i kontrola

Stanica je opremljena s jednom jedinicom za poluautomatsko MIG / MAG zavarivanje, ovješena na konzolnom nosaču. Ovdje se obavljaju završni radovi i eventualni popravci podsklopa.

Kada su radovi na podsklopu završeni, premješta ga se mosnom dizalicom i odlaže u paletu.

2.2.2. Tehničke karakteristike

2.2.2.1. Radne platforme i transportni sustav

Radne platforme služe kao površine za izradu podsklopova. To su čelične konstrukcije koje su s gornje strane ravne, a s donje imaju po 8 kotača na kojima se platforma kreće po šinama. Radnih platformi ima pet, koliko i radnih stanica.

Duljina radne platforme iznosi 12500 mm, a širina 4000 mm.

Platforme se kreću od stanice do stanice ili neovisno jedna o drugoj ili sve platforme istovremeno. Kretanje je izvedeno pomoću pogonskih valjaka, koji su postavljeni po jedan ispod svake platforme u simetrali linije. Brzina kretanja platformi je promjenjiva i iznosi od 0,1 do 5 m/min.

Tablica 1. Tehničke karakteristike radne platforme i transportnog sustava

Broj platformi	5
Dužina platforme	12500 mm
Dužina linije	~ 65 m
Širina platforme	4000 mm
Visina radne površine od poda	600 mm
Brzina kretanja	0,1 – 5 m/min
Maksimalna nosivost platforme	10 t
Broj kotača	8

Kada radna platforma dođe do 5. stanice te kada se s nje preuzme dovršeni podsklop, valja je vratiti na početak linije. Ovo se obavlja tako da se platforma koja je na 5.stanici digne mosnom dizalicom i dovede iznad 1. stanice. Tada se oslobodi mjesto na 1.stanici tj. platforma se pomakne za jedno mjesto, a platforma koja čeka na mosnoj dizalici se spusti na oslobođeno mjesto.



Slika 1. Radna platforma automatizirane linije

2.2.2.2. Poluportal za postavljanje i privarivanje ukrepa

Poluportal za postavljanje i privarivanje ukrepa je izveden za obavljanje sljedećih operacija:

- uzimanje ukrepa iz palete
- pozicioniranje ukrepa na označeno mjesto na limu
- ručno zavarivanje ukrepe

Poluportal se sastoji od sljedećih dijelova:

- čelične konstrukcije koja se kreće na tračnicama u uzdužnom smjeru linije, a pogonjena je s dva elektromotora s promjenjivom brzinom kretanja
- gornje konstrukcije po kojoj se u smjeru poprečnom na liniju kreću glavna kolica, pogonjena s jednim elektromotorom s promjenjivom brzinom kretanja

Glavna kolica se sastoje od:

- teleskopskog stupa za podizanje / spuštanje magnetske grede
- magnetske grede, dužine cca. 2,5 m s 4 magnetska hvatača
- jedinice za rotaciju magnetske grede u horizontalnoj ravnini
- 4 para hidrauličkih cilindara za pritiskanje ukrepe na lim

Tablica 2. Tehničke karakteristike poluportala za privarivanje ukrepa

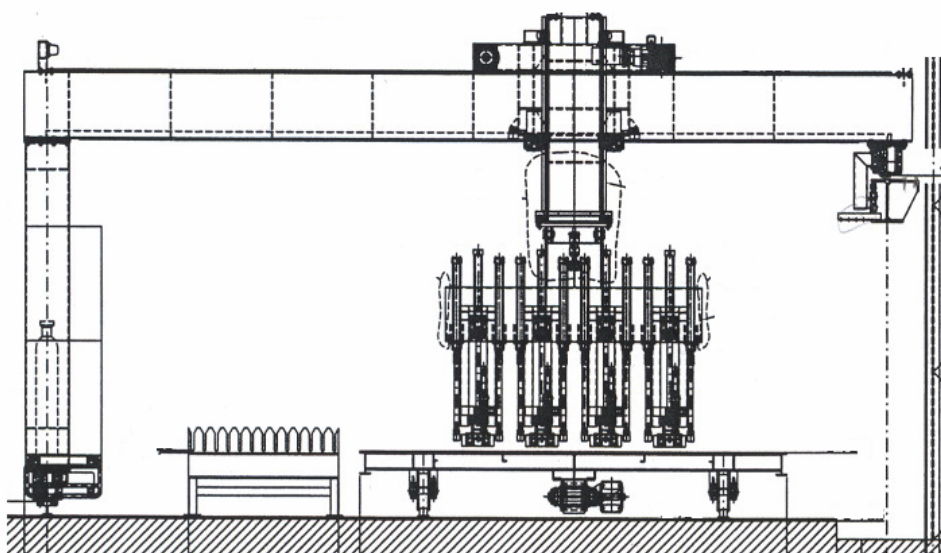
Most	
Tip	poluportalni
Raspon između stupova mosta	~ 7,4 m
Visina preko svega	~ 5,4 m
Duljina kretanja	25 m
Brzina kretanja	0,1 – 6 m/min

Magnetska greda	
Broj magneta	4
Maksimalna masa dizanja	800 kg
Visina dizanja	600 mm

Hidraulički cilindri	
Broj cilindara	8 (2 cilindra po magnetu)
Sila pritiska cilindara	1500 kg/m

Oprema za zavarivanje	
Tip jedinica za zavarivanje	Poluautomatska
Broj jedinica za zavarivanje	2

Poluportal za postavljanje i privarivanje ukrepa prikazan je na slici 2.



Slika 2. Poluportal za postavljanje i privarivanje ukrepa

2.2.2.3. Poluportal za automatsko zavarivanje

Poluportal za automatsko zavarivanje izveden je za zavarivanje ukrepa koje su prethodno privarene na lim. Sastoji se od sljedećih dijelova:

- čelične konstrukcije koja se po tračnicama kreće u uzdužnom smjeru linije promjenjivom brzinom kretanja
- gornje konstrukcije s tračnicama za kretanje glavnih kolica u smjeru poprečnom na liniju
- glavnih kolica na kojima se nalaze dvije glave za istovremeno obostrano kutno zavarivanje ukrepa

Glave za zavarivanje sadrže MIG jedinicu za zavarivanje i elektroničko / pneumatski sustav za vođenje koji osigurava ispravno pozicioniranje duž zavara.

Tablica 3. Tehničke karakteristike poluportala za automatsko zavarivanje

Most	
Tip	Poluportalni
Raspon	~ 7,4 m
Visina preko svega	~ 5,4 m
Brzina kretanja	0,1 – 6 m/min
Duljina kretanja	13 m



Slika 3. Poluportal za automatsko zavarivanje

2.2.2.4. Konzolni nosači

Radne stanice br.4 i br.5 su opremljene s konzolnim nosačima na kojima je ovješena oprema za poluautomatsko zavarivanje. Jedan konzolni nosač se sastoji od:

- stupa i konzole
- jedinice za poluautomatsko MIG / MAG zavarivanje

Konzola je dužine približno 5 m i visine približno 5,4 m, s mogućnošću rotacije za 180°.

2.2.3. Tehnološke karakteristike

Linija je projektirana za izradu podsklopova iz limova i profila sljedećih karakteristika:

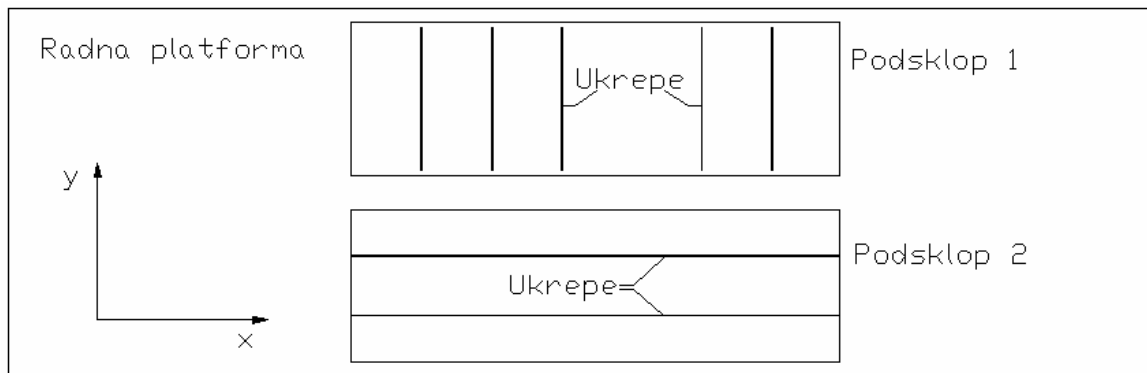
Tablica 4. Tehnološke karakteristike automatizirane linije

Limovi	
Čelik	A do EH36
Duljina lima	1200 – 12500 mm
Širina lima	800 – 4000 mm
Debljina lima	6 – 30 mm

Profili	
HP	min. 140 x 7 mm max. 550 x 15 mm
FB	min. 50 x 5 mm max. 550 x 15 mm
T	min. 150 x 50 x 12 / 28 mm max. 550 x 250 x 14 / 35 mm
Duljina profila	300 – 12500 mm
Minimalni razmak između ukrepa	500 mm
Maksimalna masa ukrepe	800 kg

Profili koji duljinom prelaze 6000 mm se na lim postavljaju mosnom dizalicom, a profili koji su kraći od 650 mm ili su mase manje od 15 kg se postavljaju ručno.

Ukrepe jednog podsklopa koje se zavaruju automatizirano mogu imati dva moguća smjera na limu. Smjer ukrepa objašnjen je slikom 4.



Slika 4. Smjer ukrepa na limu za automatiziranu liniju

Podsklop 1 ima na sebi ukrepe koje se pružaju samo u poprečnom smjeru radne platforme, ovdje označenom s y.

Podsklop 2 ima na sebi ukrepe koje se pružaju samo u uzdužnom smjeru radne platforme, ovdje označenom s x.

Ukoliko podsklop na sebi ima ukrepe koje se pružaju u oba smjera, onda će one ukrepe koje su veće dužine biti zavarene automatizirano na 3. radnoj stanici, a kraće ukrepe na 4. radnoj stanici ručno.

Na sljedećoj stranici nalazi se tlocrtni prikaz automatizirane linije.

2.3. Robotizirana linija za izradu podsklopova

Navedeni podaci preuzeti su iz lit. [2].



Slika 5. Robotizirana linija za izradu podsklopova

2.3.1. Osnovna koncepcija

Robotizirana linija za izradu podsklopova sastoji se od radne platforme i robota za zavarivanje koji je montiran na pokretnom poluportalu, a omogućava zavarivanje ukrepa na limove u horizontalnom i vertikalnom položaju.

Rad na liniji organiziran je tako da se na jednom dijelu radne platforme elementi podsklopova pripremaju i montiraju na limove dok se istovremeno robotiziranim uređajem na drugom dijelu vrši zavarivanje. Postavljanje ukrepa na lim je ili ručno ili mosnom dizalicom za veće ukrepe, a privarivanje je ručno.

Kada je ukrepa privarena na lim, robotizirani uređaj dolazi iznad budućeg podsklopa i skenira područje zavarivanja. Po završetku skeniranja operater vidi skenirani podsklop na monitoru i odabire ukrepe koje će robot zavariti.

Operater, kada je gotov s programiranjem, može nastaviti s postavljanjem i privarivanjem sljedećeg podsklopa.

2.3.2. Tehničke karakteristike

Platforma za zavarivanje je betonski pod u koji su ugrađene čelične trake pod kutem od 45°. Dimenzije platforme za zavarivanje su 65000 mm x 4000 mm.

2.3.2.1. Poluportal s robotom za zavarivanje

Poluportal se sastoji od sljedećih dijelova:

- donje konstrukcije koja se kreće u uzdužnom smjeru linije promjenjivom brzinom kretanja
- kolica koja nose robot, a kreću se u smjeru poprečnom na liniju također promjenjivom brzinom kretanja
- robota za zavarivanje

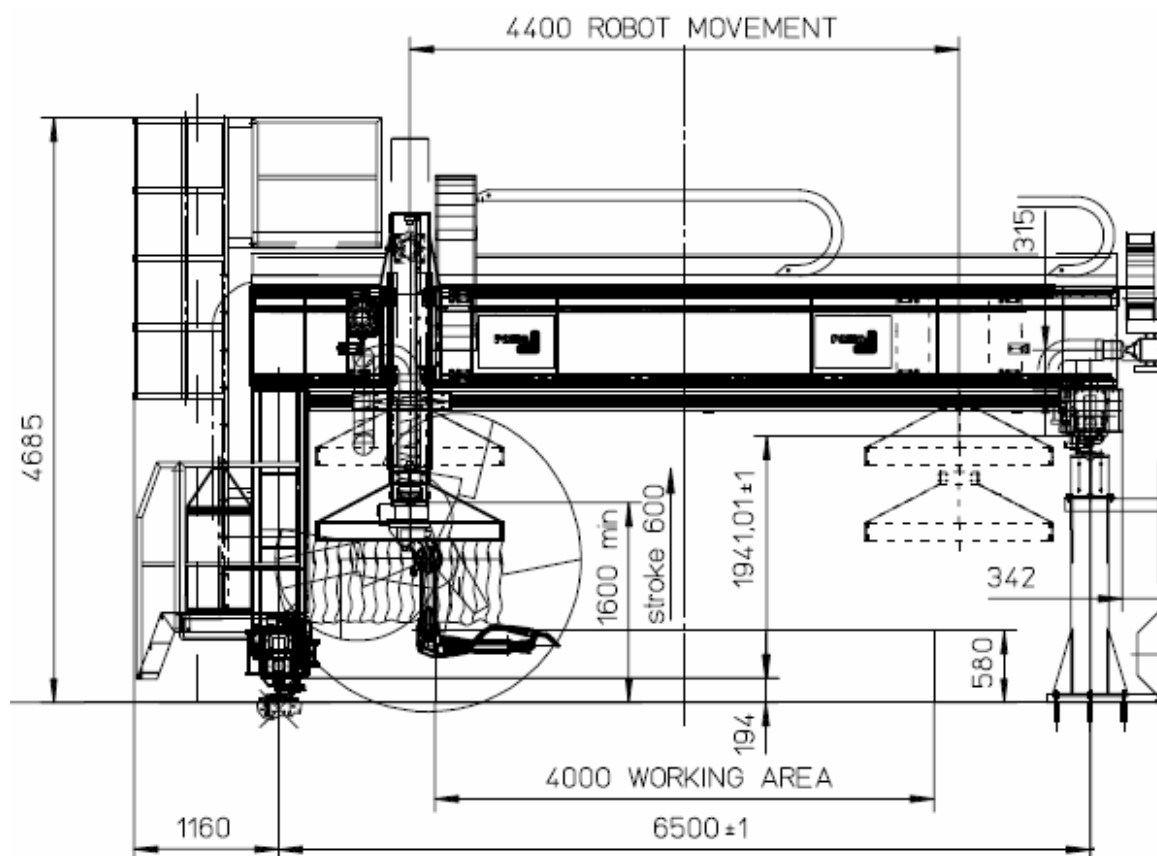
Brzina robotskog vodoravnog zavarivanja kod kutnog zavora za visinu zavora od 3 do 5 mm se kreće od 400 do 600 mm / min, a kod okomitog kutnog zavora za visinu zavora od 5 do 7 mm se kreće od 100 do 200 mm / min. U cilju postizanja optimalnih rezultata zavarivanja predviđeno je čišćenje ruba profila i zračnost između lima i profila manja od 2 mm.

Tablica 5. Tehničke karakteristike poluportala za robotsko zavarivanje

Most	
Tip	poluportalni
Raspon između stupova mosta	~ 6500 mm
Duljina kretanja	~ 65 m
Brzina kretanja	0,1 – 15 m/min

Kolica s robotom	
Broj kolica	1
Brzina kretanja	0,1 – 12 m/s
Raspon kretanja	3800 mm
Vertikalni pomak	600 mm

Na slici 6 prikazan je poluportal s robotom za zavarivanje.



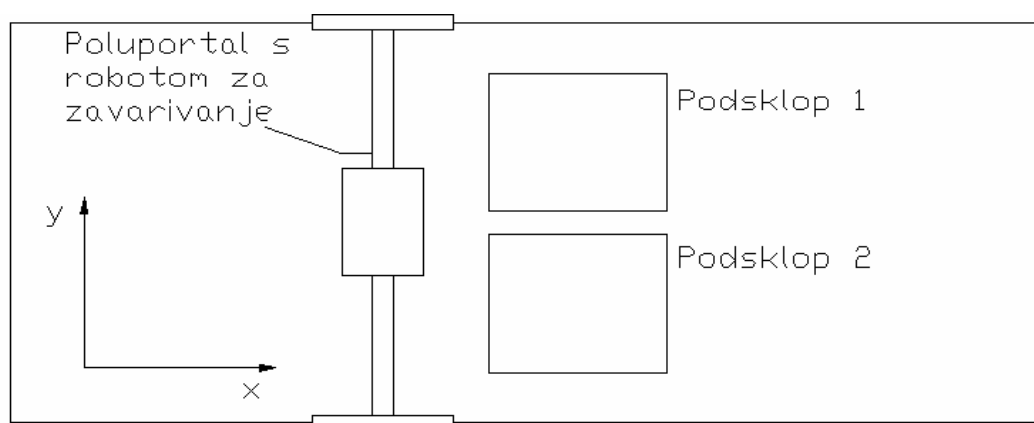
Slika 6. Poluportal s robotom za zavarivanje

2.3.3. Tehnološke karakteristike

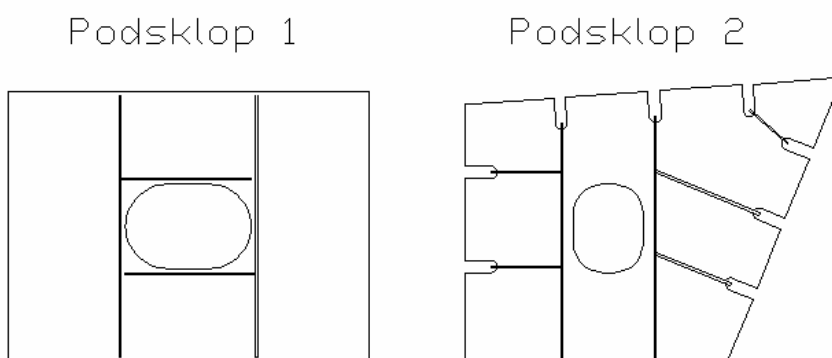
U poglavlju 1 je spomenuto da su podsklopovi koji se proizvode na robotiziranoj liniji manjih dimenzija od onih koji se proizvode na automatiziranoj liniji.

Druga osnovna razlika podsklopova ovih linija je smjer koji ukrepe zauzimaju na limu. Smjer ukrepa kod podsklopova za robotiziranu liniju objašnjen je slikama 7 i 8.

Na slici 7 shematski je prikazana robotizirana linija s označenim smjerovima x i y. Također, na njoj su ucrtani podsklopovi 1 i 2 prikazani na slici 8.



Slika 7. Smjerovi x i y robotizirane linije



Slika 8. Smjer ukrepa podsklopova robotizirane linije

Ukrepe podsklopa 1 pružaju se u uzdužnom (x) i u poprečnom (y) smjeru linije.

Ukrepe podsklopa 2 pružaju se u x i y smjeru linije, no i nekom trećem, „proizvoljnom“ smjeru.

Dakle, robotizirana linija može obavljati zavarivanje u bilo kojem smjeru u x-y ravnini.

Na sljedećoj stranici nalazi se tlocrtni prikaz robotizirane linije.

3. KOLIČINA I ASORTIMAN PROIZVODNOG PROGRAMA LINIJA

3.1. Označavanje makroprostora i grupa brodskog trupa

U skladu s dokumentacijom brodogradilišta koja je korištena za izradu ovog diplomskog rada brod se dijeli na 5 makroprostora. Ti makroprostori, označeni znamenkama od 1 do 5 su:

- **1** - krma
- **2** - strojarnica
- **3** - prostor za teret
- **4** - pramčani pik
- **5** – nadgrađe

Jedna grupa u brodskom trupu označava se s 4 znamenke. Prva znamenka se dodjeljuje s obzirom na to kojem makroprostoru grupa pripada. Druga znamenka se odnosi na položaj grupe po dužini broda, i to tako da broj 1 označava grupu najbližu krmi. Treća znamenka označava položaj po visini, gdje znamenke imaju sljedeća značenja:

- **1** - dvodno i uzvoj
- **3** - pregrade
- **5** - bok / dvobok
- **8** – palube

Četvrta znamenka označava finiju podjelu po visini ili duljini, a u ovom diplomskom radu koristi se za brod za prijevoz automobila, gdje je bok podijeljen u dvije grupe – grupu 3551 i grupu 3552.

Primjer označavanja grupe; grupa 3510 pripada prostoru za teret, nalazi se negdje oko sredine broda, i u sebi sadrži sekcije dvodna i uzvoja.

U skladu s dokumentacijom brodogradilišta je i označavanje linija. Tako CA označava automatiziranu liniju, a CR robotiziranu liniju za izradu podsklopova. S obzirom na to označavaju se i podsklopovi, ovisno o tome da li se izrađuju na automatiziranoj ili robotiziranoj liniji.

3.2. Koncept analize

Prilikom izrade ovog diplomskog rada analiziran je tehnološki proces izrade podsklopova brodskog trupa za godišnji proizvodni program brodogradilišta od 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila.

Analiza je koncipirana na sljedeći način:

u obzir je uzet samo teretni prostor broda (vrijedi i za tanker i za brod za prijevoz automobila). Teretni prostor broda sastoji se od određenog broja prstenova, i to kod:

- tankera – 7 prstenova
- broda za prijevoz automobila – 8 prstenova, osim u području gornjeg dijela boka koji se sastoji od 7 prstenova

Svaki prsten sastoji se od određenih grupa, i to kod:

- tankera – od grupe dvodna i uzvojnog tanka, grupe dvoboka, grupe palube te grupe uzdužne i poprečne pregrade
- broda za prijevoz automobila – od grupe dvodna i uzvoja, grupa boka i grupa paluba

U ovom poglavlju analizirane su grupe jednog prstena u teretnom prostoru tankera i jednog prstena u teretnom prostoru broda za prijevoz automobila čiji podsklopovi se proizvode na CA i CR linijama te je u točki 3.3.3. dan broj podsklopova iste vrste po grupama. Struktura ostalih prstenova u teretnom prostoru je slična pa se rezultati analize množe s brojem prstenova.

U poglavlju 4 računaju se taktna vremena izrade karakterističnih podsklopova za automatiziranu liniju, a u poglavlju 5 taktna vremena izrade karakterističnih podsklopova za robotiziranu liniju.

Uz poznata taktna vremena moguće je izračunati vrijeme potrebno za izradu svih podsklopova unutar jedne grupe. Ovo je učinjeno u točkama 6.1 i 6.2 za automatiziranu odnosno točkama 7.1 i 7.2 za robotiziranu liniju.

U točki 6.3 navode se vremena izrade podsklopova za CA liniju za cijeli teretni prostor jednog broda koja se dobiju množenjem vremena izrade jedne grupe s brojem prstenova u teretnom prostoru. Vrijeme izrade podsklopova za jedan brod množi se s brojem brodova u proizvodnom programu te se dobija ukupno vrijeme izrade podsklopova za CA liniju za 3 tankera odnosno 2 broda za prijevoz automobila.

U točki 7.3 navode se vremena izrade podsklopova za CR liniju za cijeli teretni prostor jednog broda koja se dobiju množenjem vremena izrade jedne grupe s brojem prstenova u teretnom prostoru. Vrijeme izrade podsklopova za jedan brod množi se s brojem brodova u proizvodnom programu te se dobija ukupno vrijeme izrade podsklopova za CR liniju za 3 tankera odnosno 2 broda za prijevoz automobila.

3.3. Vrste i količine podsklopova za automatiziranu i robotiziranu liniju

U točkama koja slijede analizirane su grupe čiji se podsklopovi izrađuju na automatiziranoj odnosno robotiziranoj liniji, i to posebno za tanker tj. brod za prijevoz automobila. Analiza je provedena na temelju podataka iz lit. [3]

3.3.1. Podsklopovi tankera

Jedan prsten u teretnom prostoru sastavljen je od grupe dvodna i uzvojnog tanka, grupe dvoboka, grupe palube te grupe uzdužne i poprečne pregrade. U strukturi pregrada nema podsklopova za izradu na CA i CR linijama, a u strukturi paluba relativno malo, pa je analiza izvršena za jednu grupu dvodna (3510) koja uključuje i uzvojni tank te za jednu grupu dvoboka (3550).

U tablicama koje slijede navedeni su podsklopovi za izradu na CA i CR linijama, količina podsklopova te elementi koji tvore jedan podsklop.

Navedene su i plošne dimenzije podsklopa, što je potrebno znati za kasniji proračun taktnih vremena linija.

U tablici 6 prikazani su podsklopovi grupe dvodna i grupe dvoboka tankera koji se proizvode na automatiziranoj liniji.

U tablici 7 prikazani su podsklopovi grupe dvodna i grupe dvoboka tankera koji se proizvode na robotiziranoj liniji.

Tablica 6. Vrste i količine podsklopova za CA liniju za tanker

PODSKLOPOVI ZA AUTOMATIZIRANU LINIJU MALE PREDMONTAŽE					
GRUPA	Oznaka i naziv podsklopa	Pripadni elementi podsklopa	Broj komada	Dimenzije podsklopa [m]	Broj elemenata u podsklopu
3510 dvodno i uzvojni tank	CA001 rebrenica		6	6,4x2,15	9
		Lim 14,0	1		
		Lim 12,0	1		
		FB 150x12	7		
	CA002 uzvojna rebrenica		6	4,0x2,15	5
		Lim 12,0	1		
		FB 150x12	4		
	CA003 uzdužni nosač		2	11,05x2,15	17
		Lim 12,5	1		
		FB 180x13	16		
	CA004 rebrenica		6	4,8x2,15	9
		Lim 14,0	1		
		Lim 12,0	1		
		FB 150x12	7		

	CA005 uzdužni nosač		2	11,05x2,15	15
		Lim 14,5	1		
		FB 180x13	14		
	CA006 uzdužni nosač		1	11,05x2,15	11
		Lim 20,0	1		
		FB 250x16	4		
		FB 200x12	6		
	CA007 uzdužni nosač		1	11,05x2,15	11
		Lim 20,0	1		
		FB 250x16	4		
		FB 200x12	6		
	CA008 rebrenica		4	6,4x2,15	9
		Lim 14,0	1		
		Lim 12,0	1		
		FB 150x12	7		
	CA009 uzvojna rebrenica		2	4,0x2,15	5
		Lim 12,0	1		
		FB 150x12	4		
	CA010 rebrenica		2	6,4x2,15	5
		Lim 13,5	1		
		Lim 12,0	4		
	CA011 rebrenica		2	4,8x2,15	4
		Lim 13,5	1		
		Lim 12,0	3		
	CA012 koljeno s ukrepom		2	2,0x1,5	2
		Lim 13,5	1		
		FB 150x12	1		
	CA013 rebrenica		2	6,4x2,15	5
		Lim 16,5	1		
		Lim 15,0	4		
	CA014 rebrenica		2	4,8x2,15	4
		Lim 16,5	1		
		Lim 15,0	3		
	CA015 uzvojna rebrenica		2	4,0x2,15	7
		Lim 16,5	1		
		BB 300x12	3		
		BB 240x11	3		
	CA016 uzvojna rebrenica		2	4,0x2,15	5
		Lim 12,0	1		
		FB 150x12	4		
	CA017 koljeno s ukrepom		2	4,05x1,0	2
		Lim 14,0	1		
		FB 200x20	1		
	CA018 koljeno s ukrepom		2	1,0x1,0	2
		Lim 14,0	1		
		FB 150x15	1		
	CA019 rebrenica		2	4,8x2,15	9
		Lim 14,0	1		
		Lim 12,0	1		
		FB 150x12	7		

	CA020 rebrenica		2	4,8x2,15	9
		Lim 14,0	1		
		Lim 12,0	1		
		FB 150x12	7		
	CA021 rebrenica		2	4,8x2,15	9
		Lim 14,0	1		
		Lim 12,0	1		
		FB 150x12	7		
	CA022 rebrenica		2	6,4x2,15	9
		Lim 14,0	1		
		Lim 12,0	1		
		FB 150x12	7		
	CA023 uzvojnica rebrenica		2	4,0x2,15	5
		Lim 12,0	1		
		FB 150x12	4		
	CA024 uzdužni nosač		2	11,05x2,15	19
		Lim 16,0	1		
		FB 180x13	18		
	CA025 uzdužni nosač		2	11,05x2,15	19
		Lim 14,5	1		
		FB 180x13	18		
	CA026 uzdužni nosač		1	11,05x2,15	9
		Lim 20,0	1		
		FB 250x16	4		
		FB 200x12	4		
	CA027 uzdužni nosač		1	11,05x2,15	9
		Lim 20,0	1		
		FB 250x16	4		
		FB 200x12	4		
	CA028 koljeno tunelske kobilice		1	2,15x1,8	2
		Lim 15,0	1		
		BB 240x11	1		
	CA029 okvirno koljeno stoola		1	2,65x1,6	5
		Lim 15,0	1		
		FB 150x15	4		
	CA030 pokrov uzvojnog tanka		2	11,05x2,0	9
		Lim 11,0	1		
		FB 180x12	8		
	CA031 pokrov uzvojnog tanka		2	11,05x2,0	22
		Lim 11,0	1		
		FB 150x11	19		
		FB 180x12	2		
	CA032 koljeno uzvojnog tanka		2	2,4x0,8	2
		Lim 12,0	1		
		FB 150x11	1		
	CA033 koljeno uzvojnog tanka		2	2,4x0,8	2
		Lim 12,0	1		
		FB 150x11	1		
	CA034 koljeno uzvojnog tanka		2	2,4x0,8	2
		Lim 12,0	1		
		FB 150x11	1		

	CA035 okvirno koljeno stoola		2	2,65x1,6	4
		Lim 13,0	2		
		FB 150x15	2		
	CA036 oplata stoola		1	11,05x2,8	4
		Lim 16,5	1		
		BB 240x11	3		
	CA037 oplata stoola		1	11,05x2,8	12
		Lim 16,5	1		
		BB 240x11	6		
		BB 220x10	1		
		FB 150x12	4		
	CA038 pokrov uzvojnog tanka		2	11,05x3,5	5
		Lim 17,5	1		
		Lim 16,5	1		
		BB 340x14	3		
	CA039 pokrov uzvojnog tanka		2	11,05x3,5	5
		Lim 17,5	1		
		Lim 16,5	1		
		BB 340x14	3		
	CA040 oplata stoola		2	13,5x2,5	8
		Lim 16,0	1		
		Lim 13,0	1		
		BB 220x10	5		
		FB 150x12	1		
3550 dvobok	CA001 proveza		4	11,05x2,0	9
		Lim 12,0	1		
		FB 180x12	8		
	CA002 proveza		4	11,05x2,0	9
		Lim 11,0	1		
		FB 180x12	8		
	CA003 koljeno proveze		2	1,3x0,8	2
		Lim 12,5	1		
		FB 180x12	1		
	CA004 koljeno proveze		2	1,3x0,8	2
		Lim 12,5	1		
		FB 180x12	1		
	CA005 koljeno proveze		2	1,3x0,8	2
		Lim 12,5	1		
		FB 180x12	1		
	CA006 koljeno proveze		2	1,3x0,8	2
		Lim 12,5	1		
		FB 180x12	1		
	CA007 koljeno proveze		2	1,3x0,8	2
		Lim 12,5	1		
		FB 180x12	1		
	CA008 koljeno proveze		2	1,3x0,8	2
		Lim 12,5	1		
		FB 180x12	1		
	CA009 pokrov gornjeg bočnog tanka		2	11,05x3,6	4
		Lim 14,5	1		
		BB 280x12	2		
		BB 280x11	1		

	CA010 pokrov gornjeg bočnog tanka		2	11,05x3,6	5
		Lim 14,5	2		
		BB 280x12	2		
		BB 280x11	1		
	CA011 koljeno stoola		2	3,0x2,0	4
		Lim 12,0	1		
		BB 220x10	1		
		BB260x10	2		
	CA012 koljeno stoola		2	3,0x2,0	4
		Lim 12,0	1		
		BB 220x10	1		
		BB260x10	2		
	CA013 koljeno s ukrepom		2	1,2x1,0	2
		Lim 12,0	1		
		FB 120x11	1		
	CA014 koljeno s ukrepom		6	0,8x0,8	2
		Lim 12,5	1		
		FB 180x12	1		
	CA015 koljeno s ukrepom		2	0,8x0,8	2
		Lim 12,0	1		
		FB 120x11	1		

Tablica 7. Vrste i količine podsklopova za CR liniju za tanker

PODSKLOPOVI ZA ROBOTIZIRANU LINIJU MALE PREDMONTAŽE					
GRUPA	Oznaka i naziv podsklopa	Pripadni elementi podsklopa	Broj komada	Dimenzije podsklopa [m]	Broj elemenata u podsklopu
3510 dvodno i uzvojni tank	CR001 koljeno tunelske kobilice		6	2,15x1,6	5
		Lim 15,0	1		
		FB 150x12	4		
	CR002 koljeno tunelske kobilice		1	2,15x1,6	4
		Lim 12,0	1		
		FB 150x12	3		
	CR003 koljeno s ukrepom		8	2,15x1,6	5
		Lim 12,0	1		
		FB 150x12	4		
	CR004 koljeno tunelske kobilice		5	2,15x1,6	5
		Lim 150	1		
		FB 150x12	4		
	CR005 koljeno tunelske kobilice		1	2,15x1,6	5
		Lim 15,0	1		
		FB 150x12	4		
	CR006 koljeno s ukrepom		1	2,15x1,6	5
		Lim 12,0	1		
		FB 150x12	4		
	CR007 okvirno koljeno stoola		6	2,65x1,6	6
		Lim 15,0	1		
		FB 150x12	5		

	CR008 okvirno koljeno stoola		5	2,65x1,6	6
		Lim 15,0	1		
		FB 150x12	5		
	CR009 okvirno koljeno stoola		1	2,65x1,6	6
		Lim 16,0	1		
		FB 150x12	5		
	CR010 okvirno koljeno uzvojnog tanka		6	4,0x2,8	12
		Lim 12,0	1		
		FB 150x12	11		
	CR011 okvirno koljeno uzvojnog tanka		2	4,0x2,8	12
		Lim 12,0	1		
		FB 150x12	11		
	CR012 okvirno koljeno uzvojnog tanka		2	4,0x2,8	11
		Lim 15,5	2		
		FB 340x14	2		
		FB 200x15	4		
	CR013 okvirno koljeno uzvojnog tanka		2	4,0x2,8	12
		Lim 12,0	1		
		FB 150x12	11		
	CR014 okvirno koljeno uzvojnog tanka		2	4,0x2,8	12
		Lim 12,0	1		
		FB 150x12	11		
	CR015 koljeno uzvojnog tanka		2	4,0x1,0	6
		Lim 13,5	1		
		FB 150x12	5		
3550 dvobok	CR001 okvirno rebro		6	4,8x2,0	21
		Lim 15,0	1		
		Lim 11,0	1		
		FB 150x12	1		
		FB 150x11	18		
	CR002 okvirno rebro		6	5,6x2,0	18
		Lim 11,0	1		
		FB 150x11	17		
	CR003 okvirno rebro		2	4,8x2,0	21
		Lim 15,0	1		
		Lim 11,0	1		
		FB 180x12	19		
	CR004 okvirno rebro		2	5,6x2,0	18
		Lim 11,0	1		
		FB 180x12	17		
	CR005 okvirno rebro		2	4,8x2,0	21
		Lim 15,0	1		
		Lim 11,0	1		
		FB 180x12	19		
	CR006 okvirno rebro		2	5,6x2,0	18
		Lim 11,0	1		
		FB 180x12	17		
	CR007 okvirno rebro		2	4,8x2,0	18
		Lim 14,5	1		
		FB 180x15	5		
		FB 150x12	12		

	CR008 okvirno rebro		2	5,6x2,0	17
		Lim 12,0	1		
		FB 150x12	16		
	CR009 okvirno rebro		2	4,8x2,0	21
		Lim 15,0	1		
		Lim 11,0	1		
		FB 180x12	19		
	CR010 okvirno rebro		2	5,6x2,0	19
		Lim 11,0	1		
		FB 180x12	18		
	CR011 koljeno gornjeg bočnog tanka		6	3,2x2,4	8
		Lim 11,5	1		
		FB 150x11	7		
	CR012 koljeno gornjeg bočnog tanka		2	3,2x2,4	8
		Lim 11,5	1		
		FB 180x11	7		
	CR013 koljeno gornjeg bočnog tanka		2	3,2x2,4	8
		Lim 11,5	1		
		FB 180x11	7		
	CR014 koljeno gornjeg bočnog tanka		2	2,8x1,0	5
		Lim 13,5	1		
		FB 150x12	4		
	CR015 koljeno gornjeg bočnog tanka		2	3,2x2,4	8
		Lim 11,5	1		
		FB 150x12	7		
	CR016 koljeno gornjeg bočnog tanka		2	3,2x2,4	8
		Lim 11,5	1		
		FB 180x12	7		
	CR017 koljeno u dvoboku		4	4,8x0,8	13
		Lim 12,5	1		
		FB 200x15	1		
		FB 180x12	11		
	CR018 koljeno u dvoboku		4	4,8x0,8	13
		Lim 12,5	1		
		FB 200x15	1		
		FB 180x12	11		
	CR019 koljeno u dvoboku		2	4,8x0,8	13
		Lim 12,5	1		
		FB 200x15	1		
		FB 180x12	11		
	CR020 koljeno u dvoboku		1	4,8x0,8	13
		Lim 12,5	1		
		FB 200x15	1		
		FB 180x12	11		

3.3.2. Podsklopovi broda za prijevoz automobila

Jedan prsten teretnog prostora broda za prijevoz automobila sastoji se od grupe dvodna i uzvoja, dvije grupe boka i grupa paluba 2 do 12. Od tih grupa, podsklopovi koji se izrađuju na CA i CR linijama nalaze se u grupi dvodna i uzvojnog tanka te u grupama boka.

Obrađena je grupa dvodna i uzvojnog tanka (3511) te dvije grupe boka; grupa 3551 koja seže do 6. palube i grupa 3552 koja seže od paluba 7 do 12.

U tablicama koje slijede navedeni su podsklopovi za izradu na CA i CR linijama, količina podsklopova te elementi koji tvore jedan podsklop.

Navedene su i plošne dimenzije podsklopa, što je potrebno znati za kasniji proračun taktnih vremena linija.

U tablici 8 prikazani su podsklopovi grupe dvodna i grupa boka broda za prijevoz automobila koji se proizvode na automatiziranoj liniji.

U tablici 9 prikazani su podsklopovi grupe dvodna i grupa boka broda za prijevoz automobila koji se proizvode na robotiziranoj liniji.

Tablica 8. Vrste i količine podsklopova za CA liniju za brod za prijevoz automobila

PODSKLOPOVI ZA AUTOMATIZIRANU LINIJU MALE PREDMONTAŽE					
GRUPA	Oznaka i naziv podsklopa	Pripadni elementi podsklopa	Broj komada	Dimenzije podsklopa [m]	Broj elemenata u podsklopu
3511 dvodno i uzvojni tank	CA001 plosna kobilica		1	12,8X2,0	3
		Lim 16,0	1		
		BB 340x14	2		
	CA002 koljeno bočnog nosača		1	2,1x0,7	3
		Lim 12,0	1		
		Lim 10,0	1		
		FB 100x12	1		
	CA003 koljeno bočnog nosača		2	2,1x0,7	3
		Lim 12,0	1		
		Lim 10,0	1		
		FB 100x12	1		
	CA004 koljeno hrptenice		2	2,1x0,7	3
		Lim 12,0	1		
		Lim 10,0	1		
		FB 100x12	1		
	CA005 koljeno hrptenice		2	2,1x0,7	3
		Lim 12,0	1		
		Lim 10,0	1		
		FB 100x12	1		
	CA006 koljeno		2	2,1x0,7	2
		Lim 14,0	1		
		FB 100x10	1		

	CA007 koljeno hrptenice		8	2,1x0,7	2
		Lim 10,0	1		
		FB 100x12	1		
	CA008 koljeno hrptenice		12	2,1x0,7	2
		Lim 10,0	1		
		FB 100x12	1		
	CA009 koljeno		2	2,1x0,7	2
		Lim 14,0	1		
		FB 100x10	1		
	CA010 koljeno		2	2,1x0,7	2
		Lim 10,0	1		
		FB 100x10	1		
	CA011 koljeno		2	2,1x0,7	2
		Lim 10,0	1		
		FB 100x10	1		
	CA012 koljeno		2	2,1x0,7	2
		Lim 10,0	1		
		FB 100x10	1		
	CA013 koljeno bočnog nosača		5	2,1x0,7	2
		Lim 10,0	1		
		FB 100x12	1		
	CA014 koljeno		2	2,1x0,7	2
		Lim 10,0	1		
		FB 100x10	1		
	CA015 koljeno		2	2,1x0,7	2
		Lim 10,0	1		
		FB 100x10	1		
	CA016 koljeno		2	2,1x0,7	2
		Lim 10,0	1		
		FB 100x10	1		
	CA017 koljeno		2	2,1x0,7	2
		Lim 10,0	1		
		FB 100x10	1		
	CA018 koljeno		2	2,1x0,7	2
		Lim 10,0	1		
		FB 100x10	1		
	CA019 koljeno		2	2,1x0,7	2
		Lim 14,0	1		
		FB 100x10	1		
	CA020 koljeno		2	2,1x0,7	2
		Lim 14,0	1		
		FB 100x10	1		
	CA021 koljeno bočnog nosača		2	2,1x0,7	3
		Lim 14,0	1		
		FB 100x12	2		
	CA022 rebrenica		2	2,25x2,1	3
		Lim 14,0	1		
		FB 150x10	2		
	CA023 rebrenica		1	5,25x2,1	7
		Lim 20,0	1		
		Lim 30,0	1		
		BB 160x8	5		

	CA024 rebrenica		2	6,75x2,1	9
		Lim 20,0	1		
		Lim 30,0	1		
		BB 160x8	7		
	CA025 uzdužni nosač		2	9,6x2,1	7
		Lim 12,0	1		
		FB 150x10	6		
	CA026 uzdužni nosač		2	3,2x2,1	7
		Lim 12,0	1		
		FB 150x10	6		
	CA027 uzdužni nosač		2	12,8x2,1	12
		Lim 30,0	1		
		Lim 24,0	1		
		BB 200x9	7		
		FB 150x12	3		
	CA028 rebrenica		1	5,25x2,1	7
		Lim 30,0	1		
		Lim 20,0	1		
		BB 160x8	5		
	CA029 koljeno bočnog nosača		1	2,1x1,0	2
		Lim 11,0	1		
		FB 100x12	1		
	CA030 koljeno u uzvojnem tanku		2	1,5x1,0	2
		Lim 14,0	1		
		FB 150x10	1		
	CA031 koljeno u uzvojnem tanku		2	1,5x1,0	2
		Lim 14,0	1		
		FB 150x10	1		
	CA032 koljeno u uzvojnem tanku		2	1,5x1,0	2
		Lim 10,0	1		
		FB 50x10	1		
	CA033 koljeno u uzvojnem tanku		2	1,5x1,0	2
		Lim 10,0	1		
		FB 50x10	1		
	CA034 koljeno u uzvojnem tanku		2	1,5x1,0	2
		Lim 10,0	1		
		FB 50x10	1		
	CA035 koljeno u uzvojnem tanku		2	1,5x1,0	2
		Lim 10,0	1		
		FB 50x10	1		
	CA036 koljeno u uzvojnem tanku		2	1,5x1,0	2
		Lim 10,0	1		
		FB 50x10	1		
	CA037 koljeno u uzvojnem tanku		2	1,5x1,0	2
		Lim 10,0	1		
		FB 50x10	1		
	CA038 koljeno u uzvojnem tanku		2	1,5x1,0	2
		Lim 10,0	1		
		FB 50x10	1		
	CA039 koljeno u uzvojnem tanku		2	1,5x1,0	5
		Lim 14,0	2		
		FB 150x10	3		

	CA040 koljeno u uzvojnem tanku		2	1,5x1,0	5
		Lim 14,0	2		
		FB 150x10	3		
	CA041 koljeno u uzvojnem tanku		2	1,5x1,0	4
		Lim 14,0	1		
		FB 150x10	3		
	CA042 koljeno u uzvojnem tanku		2	1,5x1,0	4
		Lim 14,0	1		
		FB 150x10	3		
	CA043 pokrov oplata uzvojnog tanka		2	12,8x3,2	4
		Lim 12,0	1		
		BB 280x12	3		
	CA044 koljeno u uzvojnem tanku		2	1,5x1,0	2
		Lim 10,0	1		
		FB 50x15	1		
	CA045 koljeno u uzvojnem tanku		2	1,5x1,0	2
		Lim 10,0	1		
		FB 50x15	1		
	CA046 koljeno u uzvojnem tanku		2	1,5x1,0	2
		Lim 10,0	1		
		FB 50x15	1		
3551 bok do 6.palube	CA001 koljeno proveze		1	1,5x1,0	2
		Lim 20,0	1		
		FB 150x10	1		
	CA002 okvirno rebro		1	3,0x2,6	4
		Lim 16,0	1		
		HP 200x12	3		
	CA003 okvirno rebro		1	3,0x2,6	4
		Lim 13,0	1		
		HP 200x12	1		
		HP 180x11	2		
	CA004 proveza		1	12,8x2,6	4
		Lim 8,0	1		
		HP 100x7	3		
	CA005 proveza		1	12,8x2,6	4
		Lim 11,0	1		
		HP 200x11,5	3		
	CA006 proveza		1	12,8x2,6	5
		Lim 16,0	2		
		HP 320x12	3		
	CA007 koljeno proveze		1	2,7x1,0	2
		Lim 20,0	1		
		HP 150x10	1		
	CA008 koljeno		1	1,0x1,0	2
		Lim 10,0	1		
		FB 100x10	1		
	CA009 koljeno		1	1,0x1,0	2
		Lim 10,0	1		
		FB 100x10	1		
	CA010 okvirno rebro		1	5,3x2,6	5
		Lim 20,0	1		
		Lim 18,0	1		
		HP 340x14	3		

	CA011 okvirno rebro		1	3,0x2,6	4
		Lim 16,0	1		
		HP 200x12	3		
	CA012 okvirno rebro		1	3,0x2,6	4
		Lim 13,0	1		
		HP 200x12	1		
		HP 180x11	2		
	CA013 proveza		1	12,8x2,6	4
		Lim 8,0	1		
		HP 100x7	3		
	CA014 proveza		1	12,8x2,6	4
		Lim 11,0	1		
		HP 200x11,5	3		
	CA015 proveza		1	12,8x2,6	5
		Lim 16,0	2		
		HP 320x12	3		
	CA016 koljeno		1	2,5x1,0	2
		Lim 10,0	1		
		FB 100x10	1		
	CA017 koljeno		1	2,5x1,0	2
		Lim 10,0	1		
		FB 100x10	1		
	CA018 koljeno		1	2,5x1,0	2
		Lim 20,0	1		
		FB 150x10	1		
	CA019 koljeno		1	2,5x1,0	5
		Lim 20,0	2		
		HP 340x14	3		
	CA020 koljeno		1	1,4x0,5	2
		Lim 20,0	1		
		FB 250x20	1		
3552 bok od 7. do 12. palube	CA001 koljeno proveze		1	2,6x0,25	2
		Lim 8,0	1		
		FB 250x16	1		
	CA002 koljeno proveze		1	2,6x0,25	2
		Lim 8,0	1		
		FB 250x16	1		
	CA003 koljeno proveze		1	2,6x0,25	2
		Lim 8,0	1		
		FB 250x16	1		
	CA004 koljeno proveze		1	3,3x0,5	2
		Lim 12,0	1		
		FB 150x10	1		
	CA005 koljeno proveze		1	3,3x0,5	2
		Lim 12,0	1		
		FB 250x20	1		
	CA006 koljeno proveze		1	3,3x0,5	2
		Lim 12,0	1		
		FB 250x20	1		
	CA007 proveza		1	3,2x3,2	2
		Lim 7,0	1		
		HP 120x6	1		

	CA008 koljeno		1	1,0x0,5	2
		Lim 16,0	1		
		Lim 8,0	1		
	CA009 koljeno		1	1,0x0,5	2
		Lim 16,0	1		
		Lim 8,0	1		
	CA010 koljeno		1	1,0x0,5	2
		Lim 16,0	1		
		Lim 8,0	1		
	CA011 koljeno proveze		1	2,6x0,25	2
		Lim 8,0	1		
		FB 250x16	1		
	CA012 koljeno proveze		1	2,0x0,5	2
		Lim 8,0	1		
		FB 220x16	1		
	CA013 koljeno proveze		1	2,0x0,5	2
		Lim 8,0	1		
		FB 220x16	1		
	CA014 koljeno proveze		1	2,0x0,5	2
		Lim 8,0	1		
		FB 220x16	1		
	CA015 koljeno proveze		1	2,0x0,5	2
		Lim 8,0	1		
		FB 220x16	1		
	CA016 koljeno proveze		1	2,0x0,5	2
		Lim 8,0	1		
		FB 220x16	1		
	CA017 koljeno proveze		1	2,0x0,5	2
		Lim 8,0	1		
		FB 220x16	1		
	CA018 koljeno proveze		1	2,0x0,5	2
		Lim 8,0	1		
		FB 220x16	1		
	CA019 koljeno proveze		1	2,0x0,5	2
		Lim 8,0	1		
		FB 220x16	1		
	CA020 koljeno proveze		1	1,5x0,5	2
		Lim 12,0	1		
		FB 250x20	1		
	CA021 koljeno proveze		1	2,0x0,5	2
		Lim 12,0	1		
		FB 250x20	1		
	CA022 koljeno		1	2,3x2,3	4
		Lim 35,0	1		
		FB 150x30	3		
	CA023 koljeno		1	2,7x2,0	4
		Lim 35,0	1		
		FB 150x30	3		
	CA024 koljeno		1	3,0x1,0	2
		Lim 17,0	1		
		FB 150x15	1		

	CA025 koljeno		1	2,0x1,0	2
		Lim 17,0	1		
		FB 150x15	1		
	CA026 koljeno proveze		1	3,3x0,5	2
		Lim 12,0	1		
		FB 150x10	1		
	CA027 koljeno proveze		1	3,3x0,5	2
		Lim 12,0	1		
		FB 250x20	1		
	CA028 koljeno proveze		1	3,3x0,5	2
		Lim 12,0	1		
		FB 250x20	1		
	CA029 rebro		1	6,8x0,5	3
		Lim 12,0	1		
		FB 300x20	2		
	CA030 rebro		1	6,8x0,5	3
		Lim 12,0	1		
		FB 300x20	2		
	CA031 koljeno		1	2,0x0,5	2
		Lim 16,0	1		
		Lim 8,0	1		
	CA032 koljeno		1	2,0x0,5	2
		Lim 16,0	1		
		Lim 8,0	1		
	CA033 proveza		1	3,2x2,0	2
		Lim 7,0	1		
		HP 120x6	1		
	CA034 koljeno proveze		1	2,6x0,25	2
		Lim 8,0	1		
		FB 250x16	1		
	CA035 koljeno proveze		1	2,6x0,25	2
		Lim 8,0	1		
		FB 250x16	1		
	CA036 koljeno proveze		1	2,0x0,5	2
		Lim 8,0	1		
		FB 160x16	1		
	CA037 koljeno proveze		1	2,6x0,25	2
		Lim 16,0	1		
		Lim 8,0	1		
	CA038 koljeno proveze		1	2,0x0,5	2
		Lim 8,0	1		
		FB 220x16	1		
	CA039 koljeno proveze		1	2,0x0,5	2
		Lim 8,0	1		
		FB 220x16	1		
	CA040 koljeno proveze		1	2,0x0,5	2
		Lim 16,0	1		
		Lim 8,0	1		
	CA041 koljeno proveze		1	2,0x0,5	2
		Lim 8,0	1		
		FB 220x16	1		

	CA042 koljeno proveze		1	2,0x0,5	2
		Lim 8,0	1		
		FB 220x16	1		
	CA043 koljeno proveze		1	3,0x0,5	2
		Lim 12,0	1		
		FB 250x20	1		
	CA044 koljeno proveze		1	1,0x0,5	2
		Lim 12,0	1		
		FB 250x20	1		
	CA045 koljeno proveze		1	2,0x0,5	2
		Lim 12,0	1		
		FB 250x20	1		
	CA046 koljeno proveze		1	2,7x2,0	2
		Lim 35,0	1		
		FB 150x30	1		
	CA047 koljeno proveze		1	2,2x1,0	2
		Lim 17,0	1		
		FB 150x15	1		
	CA048 koljeno proveze		1	2,5x1,0	2
		Lim 17,0	1		
		FB 150x15	1		
	CA049 koljeno proveze		1	2,7x2,0	2
		Lim 35,0	1		
		FB 150x30	1		

Tablica 9. Vrste i količine podsklopova za CR liniju za brod za prijevoz automobila

PODSKLOPOVI ZA ROBOTIZIRANU LINIJU MALE PREDMONTAŽE					
GRUPA	Oznaka i naziv podsklopa	Pripadni elementi podsklopa	Broj komada	Dimenzije podsklopa [m]	Broj elemenata u podsklopu
3511 dvodno i uzvojni tank	CR001 rebrenica		1	3,0x2,1	8
		Lim 10,0	1		
		FB 150x10	7		
	CR002 rebrenica		2	2,25x2,1	5
		Lim 10,0	1		
		FB 150x10	4		
	CR003 rebrenica		2	6,75x2,1	15
		Lim 14,0	1		
		FB 150x10	14		
	CR004 rebrenica		1	3,0x2,1	8
		Lim 10,0	1		
		FB 150x10	7		
	CR005 rebrenica		2	2,25x2,1	5
		Lim 10,0	1		
		FB 150x10	4		
	CR006 rebrenica		1	6,75x2,1	15
		Lim 11,0	1		
		FB 150x10	14		

	CR007 rebrenica		1	3,0x2,1	8
		Lim 10,0	1		
		FB 150x10	7		
	CR008 rebrenica		1	3,0x2,1	8
		Lim 10,0	1		
		FB 150x10	7		
	CR009 rebrenica		1	6,75x2,1	12
		Lim 11,0	1		
		FB 150x10	11		
	CR010 rebrenica uzvojnog tanka		2	3,2x3,2	11
		Lim 11,0	2		
		FB 150x10	9		
	CR011 rebrenica uzvojnog tanka		2	3,2x3,2	11
		Lim 11,0	2		
		FB 150x10	9		
	CR012 rebrenica uzvojnog tanka		2	3,2x3,2	6
		Lim 14,0	2		
		BB 150x10	4		
	CR013 pokrov uzvojnog tanka		2	12,8x3,2	29
		Lim 20,0	1		
		Lim 14,5	2		
		Lim 14,0	1		
		FB 150x10	15		
		BB 200x9	10		
	CR014 rebrenica uzvojnog tanka		2	3,2x3,2	3
		Lim 12,0	1		
		FB 100x12	2		

3.3.3. Količina i asortiman proizvoda CA i CR linija

U točkama 3.3.1 i 3.3.2 navedeni su svi podsklopovi u pojedinoj grupi za tanker i za brod za prijevoz automobila. Rekapitulacija analize strukture dana je u tablicama 10, 11, 12 i 13 gdje se navodi broj podsklopova iste vrste u pojedinoj grupi, posebno za CA i CR linije.

U tablici 10 navedeni su podsklopovi tankera u grupi dvodna i grupi dvoboka koji se proizvode na automatiziranoj liniji.

U tablici 11 navedeni su podsklopovi tankera u grupi dvodna i grupi dvoboka koji se proizvode na robotiziranoj liniji.

Tablica 10. Količina i asortiman CA linije po jednoj grupi za tanker

Količina i asortiman podsklopova automatizirane linije		
Grupa	Podsklop	Broj podsklopova
3510 dvodno i uzvojni tank	1. rebrenica 6,4 x 2,15	16
	2. rebrenica 4,8 x 2,15	16
	3. uzdužni nosač 11,05 x 2,15	12
	4. uzvojna rebrenica 4,0 x 2,15	14
	5. koljena 2,4 x 0,8	16
	6. pokrov uzvojnog tanka i oplata stoola 11,05 x 3,5	10
3550 dvobok	1. proveza 11,05 x 2,0	8
	2. koljeno proveze 1,3 x 0,8	12
	3. pokrov gornjeg bočnog tanka 11,05 x 3,6	4

Tablica 11. Količina i asortiman CR linije po jednoj grupi za tanker

Količina i asortiman podsklopova robotizirane linije		
Grupa	Podsklop	Broj podsklopova
3510 dvodno i uzvojni tank	1. koljeno tunelske kobilice 2,15 x 1,8	13
	2. koljeno s ukrepom 2,15 x 1,8	9
	3. okvirno koljeno stoola 2,65 x 1,6	12
	4. okvirno koljeno uzvojnog tanka 4,0 x 2,8	14
3550 dvobok	1. okvirno rebro 5,6 x 2,0	28
	2. koljeno gornjeg bočnog tanka 3,2 x 2,4	16
	3. koljeno u dvoboku 4,8 x 0,8	11

U tablici 12 navedeni su podsklopovi broda za prijevoz automobila u grupi dvodna i grupama boka koji se proizvode na automatiziranoj liniji.

U tablici 13 navedeni su podsklopovi broda za prijevoz automobila u grupi dvodna i grupama boka koji se proizvode na robotiziranoj liniji.

Tablica 12. Količina i asortiman CA linije po jednoj grupi za brod za prijevoz automobila

Količina i asortiman podsklopova automatizirane linije		
Grupa	Podsklop	Broj podsklopova
3511 dvodno i uzvojni tank	1. uzdužni nosač 9,6 x 2,1	6
	2. koljeno hrptenice 2,1 x 0,7	25
	3. koljeno bočnog nosača 2,1 x 0,7	10
	4. koljeno uzvojnog tanka 1,5 x 1,0	32
	5. koljeno 2,1 x 0,7	22
3551 bok do 6.palube	1. proveza 12,8 x 2,6	6
	2. koljeno (proveze i dr.) 1,5 x 1,0	8
	3. okvirno rebro 3,0 x 2,6	4
3552 bok od 7. do 12. palube	1. koljeno proveze 2,6 x 0,25	36
	2. koljeno 1,0 x 0,5	9
	3. proveza 3,2 x 2,0	2

Tablica 13. Količina i asortiman CR linije po jednoj grupi za brod za prijevoz automobila

Količina i asortiman podsklopova automatizirane linije		
Grupa	Podsklop	Broj podsklopova
3511 dvodno i uzvojni tank	1. rebrenica 3,0 x 2,1	12
	2. uzvojna rebrenica 3,2 x 3,2	8

Prema podacima iz ovih tablica definirati će se modeli podsklopova za proračun taktnih vremena proizvodnih linija.

4. PRORAČUN TAKTNIH VREMENA AUTOMATIZIRANE LINIJE

Trajanje jednog takta (ili taktno vrijeme) na automatiziranoj liniji označava trajanje svih operacija koje se obavljaju na jednoj radnoj stanici linije. Kako je automatizirana linija podijeljena u 5 radnih stanica, tehnološki proces se ovdje odvija u 5 taktova.

Taktna vremena računala su se za 7 modela gdje jedan model predstavlja radnu platformu na koju je smješten jedan ili više karakterističnih podsklopova. Karakteristični podsklopovi odabrani su po kriteriju učestalosti pojavljivanja.

Taktna proizvodnja zahtijeva približno jednako trajanje taktova (ili što je više moguće jednako) kako ne bi dolazilo do zastoja u proizvodnji te kako bi izvršitelji radova u taktu (stroj, radnik) bili što bolje iskorišteni.

Smještaj podsklopova na radnoj platformi je takav da oni maksimalno popunjavaju raspoloživu površinu.

4.1. Proračun trajanja taktova

1. takt – pozicioniranje limova

Mostna dizalica na kojoj je postavljena magnetska greda uzima limove s međuskladišta koje se nalazi ispred prve stanice linije. Limovi se postavljaju na radnu platformu na prvoj stanici.

Za brzinu transportiranja i pozicioniranja jednog lima uzima se $v_{trans} = 120 \text{ s / kom.}$ Ukupna brzina slaganja dobije se množenjem brzine s brojem limova na jednoj radnoj platformi:

$$t_1 = v_{trans} \cdot n_{lim} \text{ [s]}, \text{ gdje je } n_{lim} \text{ broj limova na radnoj platformi.}$$

2. takt – postavljanje i privarivanje ukrepa

U ovom taktu poluportal se kreće do palete s profilima, uzima jedan profil, pozicionira ga na lim te pritišće kako bi se moglo obaviti privarivanje. Trajanje ovih operacija je jednako za svaki profil i prikazano je u tablici 14.

Tablica 14. Trajanje operacija 2. takta

Kretanje do palete	30 s
Uzimanje profila	25 s
Pozicioniranje	60 s
Spuštanje profila	10 s
Pritiskanje profila	10 s
	$\Sigma = 135 \text{ s}$

Privarivanje se izvodi poluautomatskom jedinicom za zavarivanje. Prvi privar mora biti izveden najmanje 100 mm od kraja profila. Udaljenost između dva privara je 200 mm. Trajanje privarivanja za jedan privar je 10 s. Ukupno trajanje privarivanja ovisi o duljini profila.

S gotovim privarivanjem otpuštaju se hidraulički cilindri i poluportal prelazi na sljedeći profil. Otpuštanje cilindra traje 15 s.

Ukupno vrijeme trajanja postavljanja i privarivanja za jednu ukrepu dobije po formuli:

$$t_{\text{priv}} = 135 + 10 \cdot x + 15 \text{ [s]}, \text{ gdje je } x \text{ broj privara.}$$

Trajanje 2. takta dobije se množenjem vremena postavljanja i privarivanja s brojem profila koje treba postaviti i privariti:

$$t_2 = \sum t_{\text{priv}} \cdot n_{\text{profil}} \text{ [s]}, \text{ gdje je } n_{\text{profil}} \text{ broj profila koje treba postaviti i privariti.}$$

3. takt – automatizirano zavarivanje ukrepa

Nakon privarivanja, profili se zavaruju na limove. Zavarivanje je moguće u horizontalnoj ravnini, a smjer zava je može biti u uzdužnom i poprečnom smjeru.

Visina zava iznosi 3,5 mm.

Brzina zavarivanja je $v_{\text{zav}} = 380 \text{ mm / min} = 6,33 \text{ mm / s}$

Trajanje ovog takta, osim o duljini profila koji je potrebno zavariti, ovisi i o broju kretanja i zaustavljanja zavarivanja (nadalje u tekstu start / stop) te o broju pozicioniranja glave za zavarivanje.

Proračun trajanja takta provodi se na sljedeći način:

- vrijeme zavarivanja dobije se dijeljenjem duljine profila koji se zavaruju s brzinom zavarivanja.
- vrijeme jednog kretanja tj. zaustavljanja zavarivanja iznosi $t_{\text{start/stop}} = 15 \text{ s}$
- vrijeme pozicioniranja glave iznosi $t_{\text{poz}} = 60 \text{ s}$

Ukupno vrijeme trajanja 3. takta dobije po formuli:

$$t_3 = \frac{l}{v_{\text{zav}}} + 2 \cdot t_{\text{start/stop}} \cdot n_{\text{profil}} + n_{\text{profil}} \cdot t_{\text{poz}} = \frac{l}{6,33} + 30 \cdot n_{\text{profil}} + 60 \cdot n_{\text{profil}} \text{ [s]},$$

gdje je l duljina svih profila koji se zavaruju, a n_{profil} broj profila koje treba zavariti.

4. takt – ručno zavarivanje ukrepa

Ukoliko na podsklopu postoje ukrepe koje su, gledano u horizontalnoj ravnini, okomite na one zavarene u 3. taktu, njih treba zavariti ručno u 4. taktu. Primjer jednog takvog podsklopa jest uzdužni nosač dvodna, kod kojeg su ukrepe koje imaju uzdužni smjer zavarene u 3. taktu, a one poprečne u 4. taktu ručno.

Za brzinu ručnog zavarivanja se uzima $v_{\text{ruč}} = 0,31 \text{ m / min}$.

Ukupna duljina ručnog zavarivanja dobije se udvostručavanjem duljine profila koji se zavaruju jer se zavaruje prvo s jedne pa s druge strane profila.

Kako su na 4. radnoj stanici ugrađene dvije poluautomatske zavarivačke jedinice, zavarivanje mogu obavljati 1 ili 2 zavarivača.

Zbog izjednačavanja trajanja taktova moguće je odteretiti 2. takt tako da se postavljanje i privarivanje dijela ukrepa vrši u 4. taktu. Za brzinu postavljanja i privarivanja se uzima $v_{\text{post}} = 3 \text{ min / kom}$.

5. takt – ispravci i kontrola

Trajanje ovog takta ovisi o potrebi za ispravljanjem gotovog podsklopa, a za potrebe proračuna uzima se $t_5 = 20 \text{ min}$.

4.2. Taktna vremena pri izradi podsklopova tankera

4.2.1. Grupa 3510

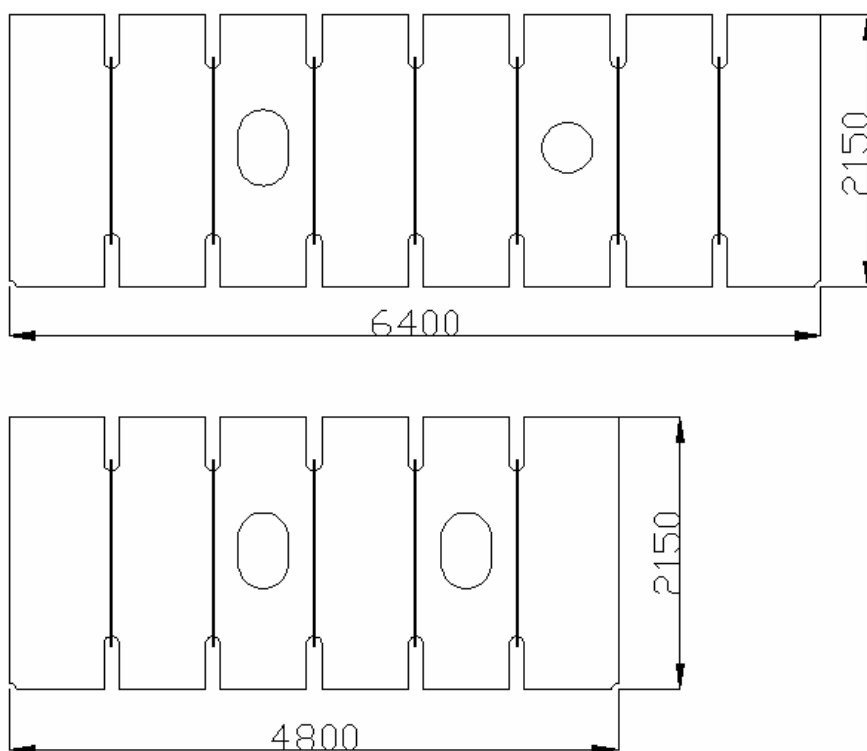
Izvršen je proračun taktnih vremena za dva modela.

Model 1

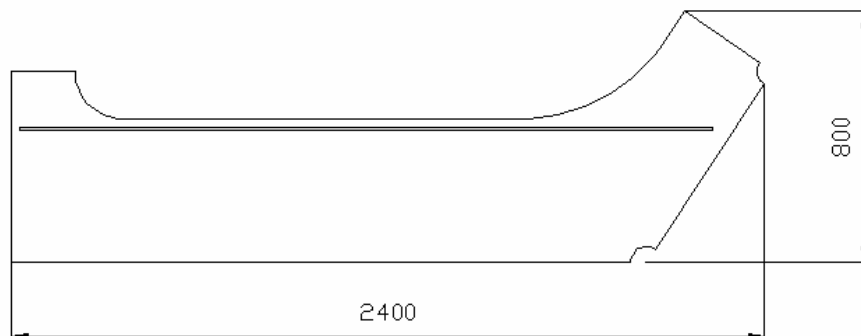
Na radnu platformu su smješteni sljedeći podsklopovi:

- rebrenica dimenzija 6400 x 2150 mm
- rebrenica dimenzija 4800 x 2150 mm
- 5 koljena dimenzija 2400 x 800 mm

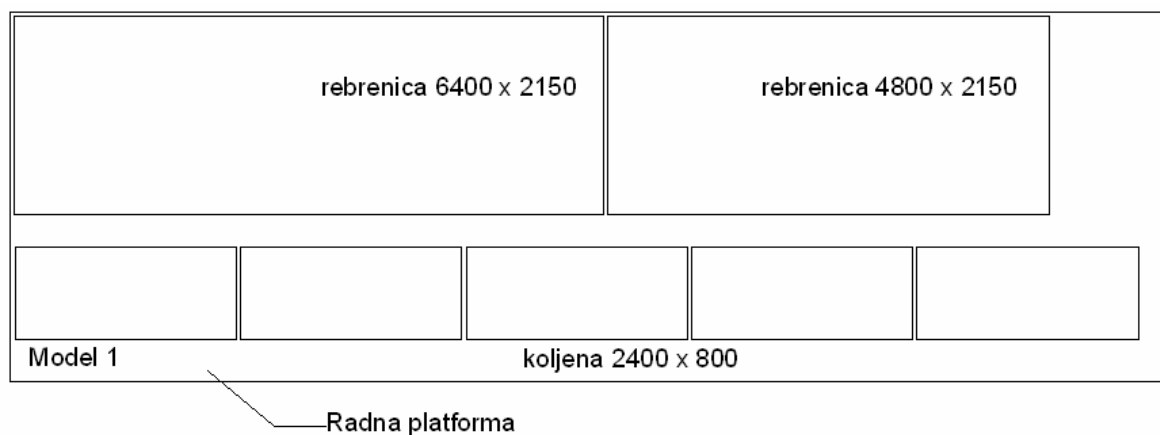
Podsklopovi su prikazani slikama 9 i 10, a njihov smještaj na radnoj platformi slikom 11.



Slika 9. Rebrenice dvodna



Slika 10. Koljeno uzvojnog tanka



Slika 11. Smještaj podsklopova na radnoj platformi

Zbog izjednačavanja trajanja taktova rad je organiziran tako da se u 3. taktu automatizirano zavaruju ukrepe rebrenica, a ukrepe koljena u 4. taktu ručno. Ručno zavarivanje u 4. taktu izvode 2 zavarivača, a ukrepe su postavljene i privarene u 2. taktu.

1. takt

$$t_1 = v_{\text{trans}} \cdot n_{\text{lim}} [\text{s}] = 840 \text{ s} = 14 \text{ min}$$

2. takt

Ukrepe rebrenica su dužine 1470 mm - broj privara je 7, $n_{\text{profil}} = 12$
Slijedi $t_{\text{priv}} = 220 \text{ s}$

Ukrepe koljena su dužine 2200 mm - broj privara je 10, $n_{\text{profil}} = 5$
Slijedi $t_{\text{priv}} = 250 \text{ s}$

Trajanje 2 .takta iznosi:

$$t_2 = \sum t_{\text{priv}} \cdot n_{\text{profil}} [\text{s}] = 3890 = 65 \text{ min}$$

3. takt

Ukupna duljina zavarivanja iznosi $l = 17640 \text{ mm}$.

Ukupni broj profila iznosi $n_{\text{profil}} = 12$.

Trajanje 3 .takta iznosi:

$$t_3 = \frac{l}{6,33} + 30 \cdot n_{\text{profil}} + 60 \cdot n_{\text{profil}} [\text{s}] = 3867 \text{ s} = 64 \text{ min}$$

4. takt

Ukupna duljina profila za zavariti je 11000 mm .

Ukupna duljina ručnog zavarivanja iznosi $l_{\text{ruč}} = 22000 \text{ mm} = 22,0 \text{ m}$

Ručno zavarivanje se izvodi na 2 poluautomatske zavarivačke jedinice tj. svaki zavarivač treba zavariti $l_{\text{ruč}} = 11000 \text{ mm} = 11,0 \text{ m}$.

Trajanje 4. takta iznosi:

$$t_4 = \frac{l_{\text{ruč}}}{v_{\text{ruč}}} = 35 \text{ min}$$

5. takt

$$t_5 = 20 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme izrade za **Model 1** iznosi $T_1 = 200 \text{ min}$

Takt s najduljim trajanjem je $t_2 = 65 \text{ min}$

Za slučaj da se u **Modelu 1** na radnoj platformi ne nalaze koljena, već samo rebrenice, taktna vremena i vrijeme izrade se mijenjaju. Ovaj slučaj se uvodi zato što se koljena izrađuju tek u prva tri ponavljanja **Modela 1** pri izradi podsklopova grupe 3510.

Rad je organiziran tako da se u 2. taktu postavlja i privaruje 7 ukrepa koje se potom automatizirano zavaruju u 3. taktu. U 4. taktu se postavlja i privaruje preostalih 5 ukrepa koje se potom ručno zavaruju. Ručno zavarivanje izvode 2 zavarivača.

Za ovaj slučaj taktna vremena su sljedeća:

$$t_1 = 14 \text{ min}$$

$$t_2 = 26 \text{ min}$$

$$t_3 = 38 \text{ min}$$

$$t_4 = 38 \text{ min}$$

$$t_5 = 20 \text{ min}$$

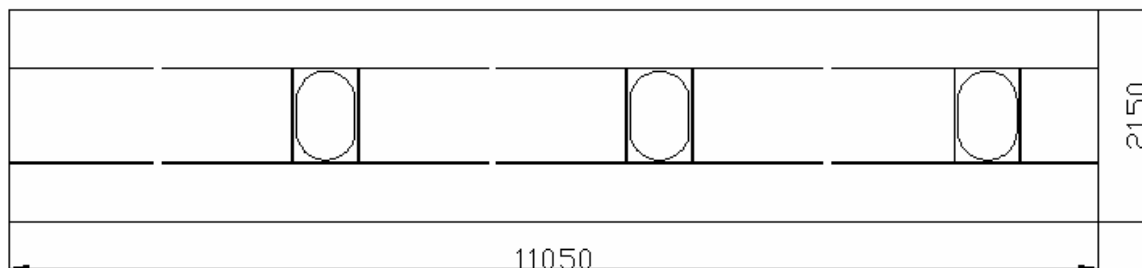
Ukupno vrijeme izrade za **Model 1 (bez koljena)** iznosi $T_1' = 136 \text{ min}$

Takt s najduljim trajanjem je $t_2 = 38 \text{ min}$.

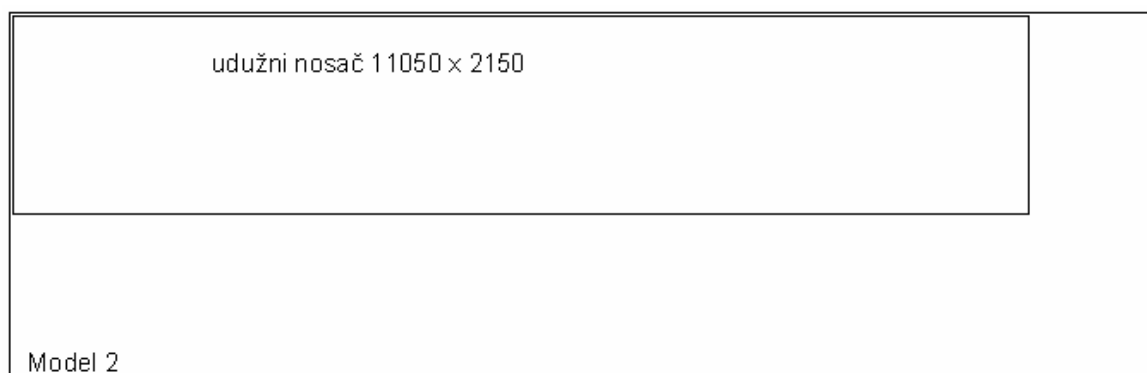
Model 2

Na radnu platformu je smješten uzdužni nosač dimenzija 11050 x 2150 mm prikazan slikom 12.

Slika 13 prikazuje smještaj uzdužnog nosača na radnoj platformi.



Slika 12. Uzdužni nosač



Slika 13. Smještaj podsklopova na radnoj platformi

Šest uzdužnih ukrepa privaruje se u 2. taktu i potom zavaruje automatizirano u 3. taktu. Preostale 2 uzdužne ukrepe i 6 poprečnih privaruju se i zavaruju ručno u 4. taktu.

1. takt

$$t_1 = v_{\text{trans}} \cdot n_{\text{lim}} [\text{s}] = 720 \text{ s} = 12 \text{ min}$$

2. takt

Ukrepe uzd. nosača su prosječne dužine 2700 mm - broj privara je 13, $n_{\text{profil}} = 6$
Slijedi $t_{\text{priv}} = 280 \text{ s}$

Trajanje 2 .takta iznosi:

$$t_2 = \sum t_{\text{priv}} \cdot n_{\text{profil}} [\text{s}] = 1680 \text{ s} = 28 \text{ min}$$

3. takt

Ukupna duljina zavarivanja iznosi $l = 16200 \text{ mm}$

Ukupni broj profila iznosi $n_{\text{profil}} = 6$.

Trajanje 3 .takta iznosi:

$$t_3 = \frac{l}{6,33} + 30 \cdot n_{\text{profil}} + 60 \cdot n_{\text{profil}} [\text{s}] = 3099 \text{ s} = 51 \text{ min}$$

4. takt

Vrijeme postavljanja i privarivanja za 8 ukrepa iznosi $t_{\text{post}} = 24 \text{ min}$.

Na uzdužnom nosaču je 6 poprečnih ukrepa, ukupne duljine 5700 mm.

Uzdužne ukrepe su ukupno duljine 5400mm.

Ukupna duljina profila za zavariti je 11100 mm.

Ukupna duljina ručnog zavarivanja iznosi $l_{\text{ruč}} = 22200 \text{ mm} = 22,2 \text{ m}$

Ručno zavarivanje se izvodi na 2 poluautomatske zavarivačke jedinice tj. svaki zavarivač treba zavariti $l_{\text{ruč}} = 11,1 \text{ m}$.

Trajanje 4.takta iznosi:

$$t_4 = \frac{l_{\text{ruč}}}{v_{\text{ruč}}} + t_{\text{post}} = 59 \text{ min}$$

5. takt

$$t_5 = 20 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme izrade za **Model 2** iznosi $T_2 = 170 \text{ min}$

Takt s najduljim trajanjem je $t_4 = 59 \text{ min}$

4.2.2. Grupa 3550

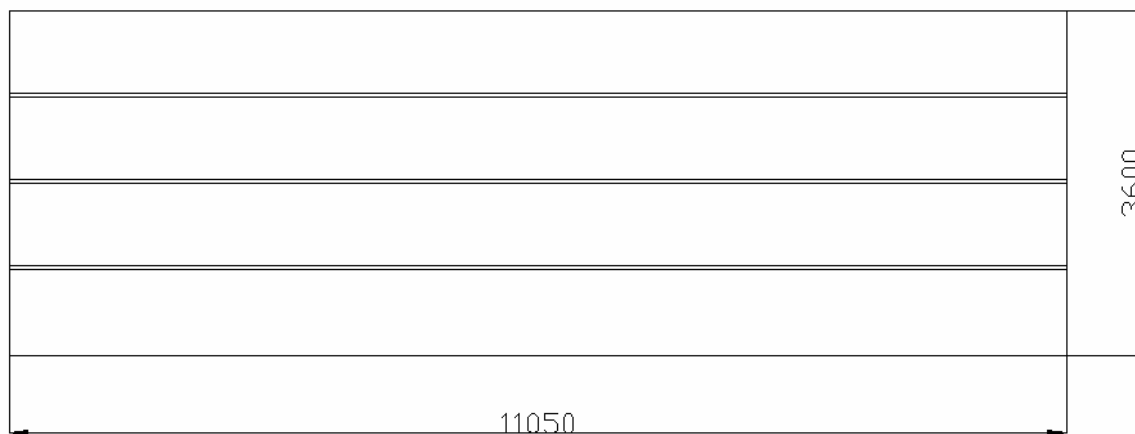
Izvršen je proračun taktnih vremena za jedan model.

Model 3

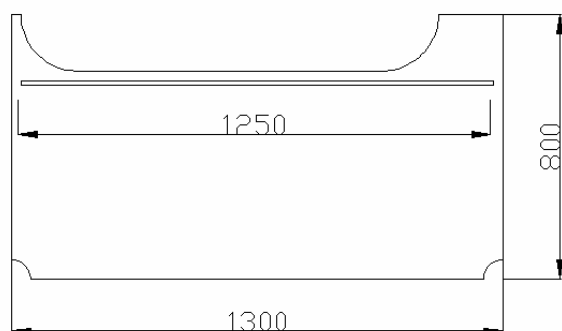
Na radnu platformu su smješteni sljedeći podsklopovi:

- pokrov gornjeg bočnog tanka dimenzija 11050 x 3600
- 4 koljena proveze dimenzija 1300 x 800 mm

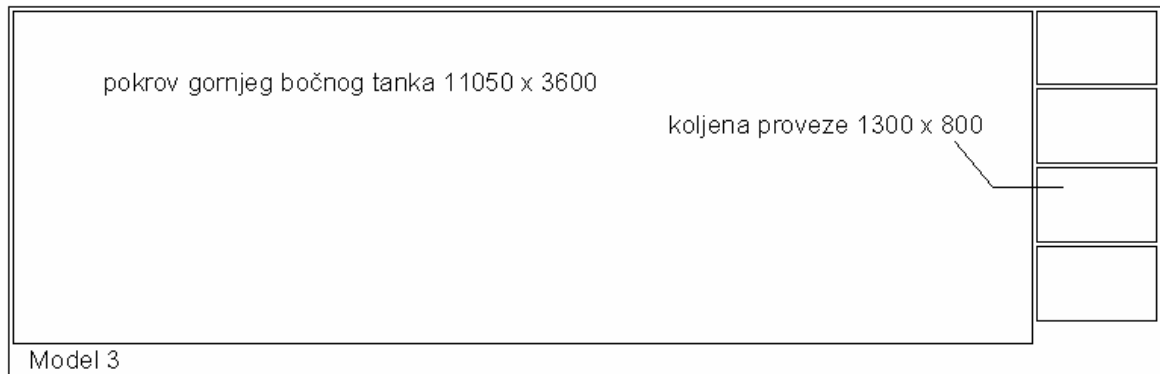
Podsklopovi su prikazani slikama 14 i 15, a njihov smještaj na radnoj platformi slikom 16.



Slika 14. Pokrov gornjeg bočnog tanka



Slika 15. Koljeno proveze



Slika 16. Smještaj podsklopova na radnoj platformi

Ukrepe pokrova bočnog tanka se zavaruju u 3. taktu, a koljena proveze u 4. taktu. Sve su ukrepe postavljene i privarene u 2. taktu.

1. takt

$$t_1 = v_{\text{trans}} \cdot n_{\text{lim}} [\text{s}] = 600 \text{ s} = 10 \text{ min}$$

2. takt

Ukrepe pokrova gornjeg bočnog tanka su dužine 11050 mm - broj privara je 55,

$$n_{\text{profil}} = 3$$

$$\text{Slijedi } t_{\text{priv}} = 700 \text{ s}$$

Ukrepe koljena su dužine 1250 mm - broj privara je 6, $n_{\text{profil}} = 4$

$$\text{Slijedi } t_{\text{priv}} = 210 \text{ s}$$

Trajanje 2 .takta iznosi:

$$t_2 = \sum t_{\text{priv}} \cdot n_{\text{profil}} [\text{s}] = 2940 \text{ s} = 49 \text{ min}$$

3. takt

Ukupna duljina zavarivanja iznosi $l = 33150 \text{ mm}$

Ukupni broj profila iznosi $n_{\text{profil}} = 3$

Trajanje 3 .takta iznosi:

$$t_3 = \frac{l}{6,33} + 30 \cdot n_{\text{profil}} + 60 \cdot n_{\text{profil}} [\text{s}] = 5507 \text{ s} = 92 \text{ min}$$

4. takt

Ukupna duljina profila za zavariti je 5000 mm.

Ukupna duljina ručnog zavarivanja iznosi $l_{\text{ruč}} = 10000 \text{ mm} = 10,0 \text{ m}$

Ručno zavarivanje se izvodi na 1 poluautomatskoj zavarivačkoj jedinici.

Trajanje 4. takta iznosi:

$$t_4 = \frac{l_{\text{ruč}}}{v_{\text{ruč}}} = 32 \text{ min}$$

5. takt

$$t_5 = 20 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme izrade za **Model 3** iznosi $T_3 = 203 \text{ min}$.

Takt s najduljim trajanjem je $t_3 = 92 \text{ min}$.

Za slučaj da se u **Modelu 3** na radnoj platformi ne nalaze koljena, već samo pokrov tanka, taktna vremena i vrijeme izrade se mijenjaju. Ovaj slučaj se uvodi jer će taktno vrijeme izrade pokrova gornjeg bočnog tanka biti iskorišteno kao približno vrijeme izrade pokrova uzvojnog tanka.

Rad je organiziran tako da se u 2. taktu ukrepe postavljaju i privaruju, a u 3. taktu automatizirano zavaruju. Nema ručnog zavarivanja u 4. taktu. Za ovaj slučaj taktna vremena su sljedeća:

$$t_1 = 2 \text{ min}$$

$$t_2 = 35 \text{ min}$$

$$t_3 = 92 \text{ min}$$

$$t_4 = 0 \text{ min}$$

$$t_5 = 20 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme izrade za **Model 3 (bez koljena)** iznosi $T_3' = 149 \text{ min}$

Takt s najduljim trajanjem je $t_3 = 92 \text{ min}$.

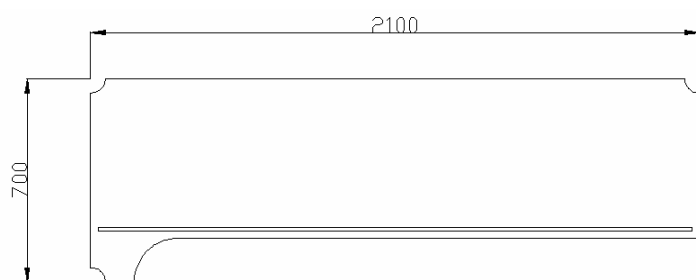
4.3. Taktna vremena pri izradi podsklopova broda za prijevoz automobila

4.3.1. Grupa 3511

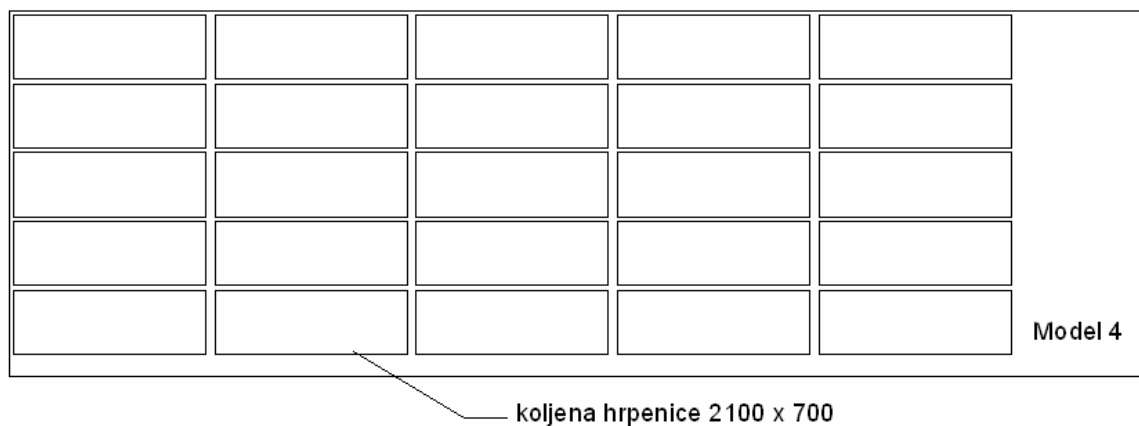
Izvršen je proračun taktnih vremena za dva modela.

Model 4

Na radnu platformu je smješteno 25 koljena hrptenice dimenzija 2100x700 mm. Koljeno hrptenice prikazano je slikom 17, a smještaj koljena na radnu platformu slikom 18.



Slika 17. Koljeno hrptenice



Slika 18. Smještaj podsklopova na radnoj platformi

Zbog velike duljine i privarivanja i zavarivanja dio radova se prebacuje u 4. takt kako bi se izjednačila trajanja taktova. U 2.taktu se postavlja i privaruje 15 ukrepa i te se ukrepe automatizirano zavaruju u 3. taktu.

U 4. taktu se preostalih 10 ukrepa prvo postavlja i privaruje, a potom i ručno zavaruje.

1. takt

$$t_1 = v_{\text{trans}} \cdot n_{\text{lim}} [\text{s}] = 3000 \text{ s} = 50 \text{ min}$$

2. takt

Ukrepe koljena su dužine 2050 mm - broj privara je 10, $n_{\text{profil}} = 15$
Slijedi $t_{\text{priv}} = 250 \text{ s}$

Trajanje 2 .takta iznosi:

$$t_2 = t_{\text{priv}} \cdot n_{\text{profil}} [\text{s}] = 3750 \text{ s} = 62,5 \text{ min}$$

3. takt

Ukupna duljina zavarivanja iznosi $l = 30750 \text{ mm}$
Ukupni broj profila iznosi $n_{\text{profil}} = 15$

Trajanje 3 .takta iznosi:

$$t_3 = \frac{l}{6,33} + 30 \cdot n_{\text{profil}} + 60 \cdot n_{\text{profil}} [\text{s}] = 6208 \text{ s} = 103 \text{ min}$$

4. takt

Vrijeme postavljanja i privarivanja za 10 ukrepa iznosi $t_{\text{post}} = 30 \text{ min}$.

Ukupna duljina profila za zavariti je 20500 mm.

Ukupna duljina ručnog zavarivanja iznosi $l_{\text{ruč}} = 41000 \text{ mm} = 41,0 \text{ m}$

Ručno zavarivanje se izvodi na 2 poluautomatske zavarivačke jedinice tj. svaki zavarivač treba zavariti $l_{\text{ruč}} = 20,5 \text{ m}$.

Trajanje 4. takta iznosi:

$$t_4 = \frac{l_{\text{ruč}}}{v_{\text{ruč}}} + t_{\text{post}} = 96 \text{ min}$$

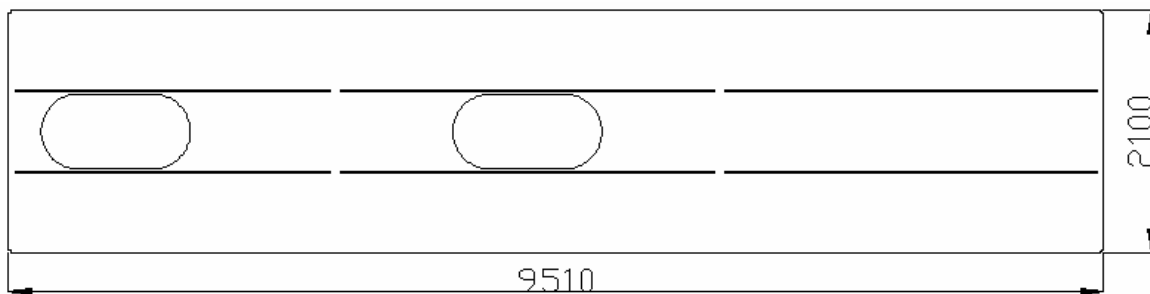
5. takt

$$t_5 = 20 \text{ min}$$

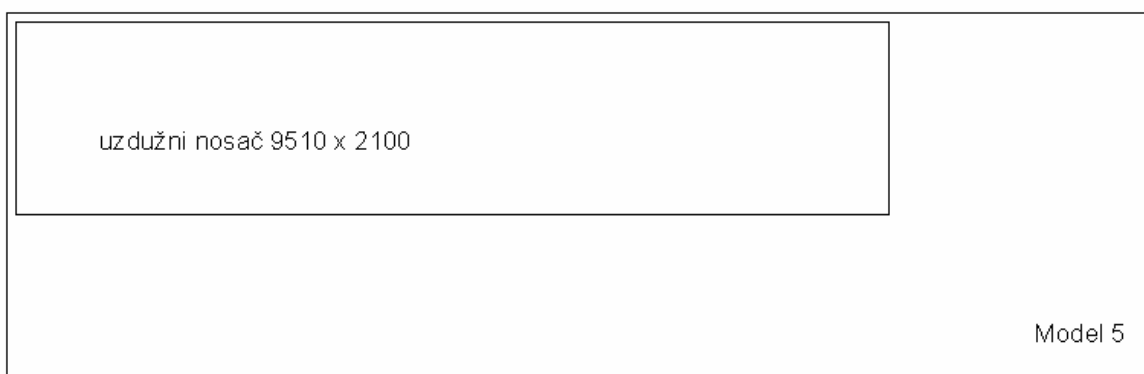
Ukupno vrijeme izrade za **Model 4** iznosi $T_4 = 331,5 \text{ min}$.
Takt s najduljim trajanjem je $t_3 = 103 \text{ min}$.

Model 5

Na radnu platformu je smješten uzdužni nosač dimenzija 9510 x 2100 mm prikazan na slici 19. Na slici 20 prikazan je smještaj podsklopa na radnoj platformi.



Slika 19. Uzdužni nosač



Slika 20. Smještaj podsklopa na radnoj platformi

Kao i kod prijašnjih modela, dio radova se prebacuje u 4. takt zbog izjednačavanja trajanja taktova. U 3. taktu se automatizirano zavaruju 4 ukrepe, a preostale dvije ručno u 4. taktu. Sve ukrepe su postavljene i privarene u 2. taktu.

1. takt

$$t_1 = v_{\text{trans}} \cdot n_{\text{lim}} [\text{s}] = 120 \text{ s} = 2 \text{ min}$$

2. takt

Ukrepe koljena su prosječne dužine 3100 mm - broj privara je 15, $n_{\text{profil}} = 6$
Slijedi $t_{\text{priv}} = 300 \text{ s}$

Trajanje 2 .takta iznosi:

$$t_2 = t_{\text{priv}} \cdot n_{\text{profil}} [\text{s}] = 1800 \text{ s} = 30 \text{ min}$$

3. takt

Ukupna duljina zavarivanja iznosi $l = 12400 \text{ mm}$

Ukupni broj profila iznosi $n_{\text{profil}} = 4$

Trajanje 3. takta iznosi:

$$t_3 = \frac{l}{6,33} + 30 \cdot n_{\text{profil}} + 60 \cdot n_{\text{profil}} [\text{s}] = 2318 \text{ s} = 39 \text{ min}$$

4. takt

Ukupna duljina profila za zavariti je 6200 mm .

Ukupna duljina ručnog zavarivanja iznosi $l_{\text{ruč}} = 12400 \text{ mm} = 12,4 \text{ m}$

Ručno zavarivanje se izvodi na 1 poluautomatskoj zavarivačkoj jedinici.

Trajanje 4. takta iznosi:

$$t_4 = \frac{l_{\text{ruč}}}{v_{\text{ruč}}} = 40 \text{ min}$$

5. takt

$$t_5 = 20 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme izrade za **Model 5** iznosi $T_5 = 131 \text{ min}$.

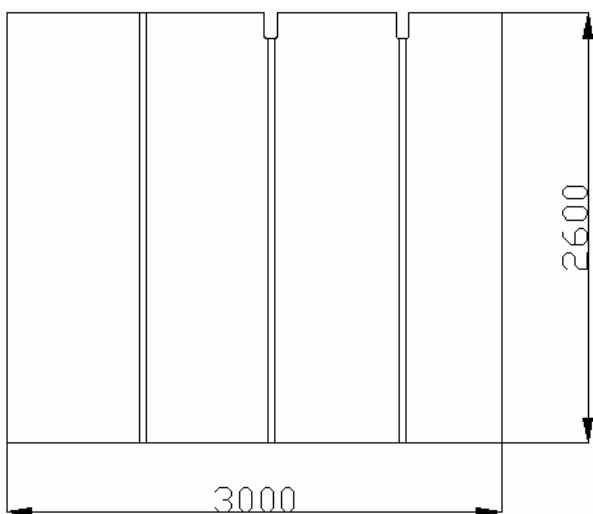
Takt s najduljim trajanjem je $t_4 = 40 \text{ min}$.

4.3.2. Grupa 3551

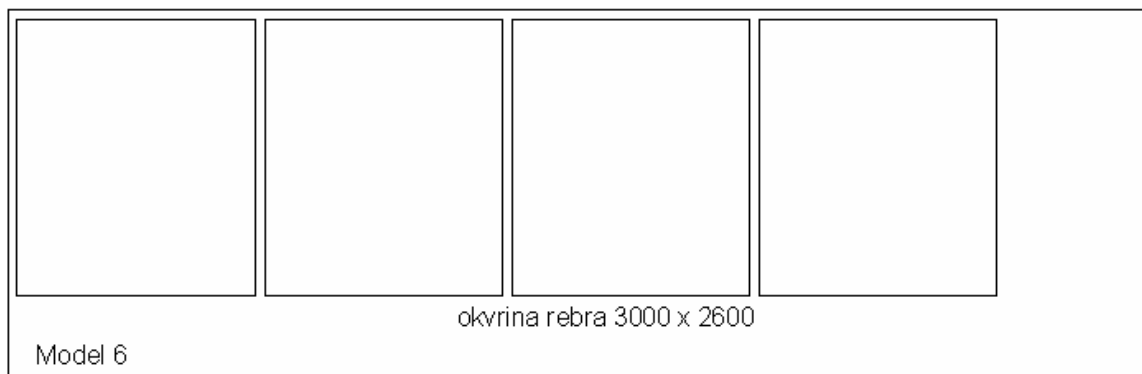
Izvršen je proračun taktnih vremena za jedan model.

Model 6

Na radnu platformu su smještena 4 okvirna rebra dimenzija 3000 x 2600 mm. Slikom 21 prikazano je okvirno rebro, a smještaj okvirnih rebara na radnu platformu slikom 22.



Slika 21. Okvirno rebro



Slika 22. Smještaj podsklopova na radnoj platformi

U 3. taktu automatizirano se zavaruje 8 ukrepa, tako da za 4. takt preostaje još 4 ukrepe za ručno zavarivanje.

Sve ukrepe su postavljene i privarene u 2. taktu.

1. takt

$$t_1 = v_{\text{trans}} \cdot n_{\text{lim}} [\text{s}] = 480 \text{ s} = 8 \text{ min}$$

2. takt

Ukrepe okv. rebara su prosječne dužine 2525 mm - broj privara je 12, $n_{\text{profil}} = 12$
Slijedi $t_{\text{priv}} = 270 \text{ s}$

Trajanje 2 .takta iznosi:

$$t_2 = t_{\text{priv}} \cdot n_{\text{profil}} [\text{s}] = 3240 \text{ s} = 54 \text{ min}$$

3. takt

Ukupna duljina zavarivanja iznosi $l = 20200 \text{ mm}$

Ukupni broj profila iznosi $n_{\text{profil}} = 8$

Trajanje 3 .takta iznosi:

$$t_3 = \frac{l}{6,33} + 30 \cdot n_{\text{profil}} + 60 \cdot n_{\text{profil}} [\text{s}] = 3911 \text{ s} = 66 \text{ min}$$

4. takt

Ukupna duljina profila za zavariti je 10100 mm.

Ukupna duljina ručnog zavarivanja iznosi $l_{\text{ruč}} = 20200 \text{ mm} = 20,2 \text{ m}$

Ručno zavarivanje se izvodi na 1 poluautomatskoj zavarivačkoj jedinici.

Trajanje 4. takta iznosi:

$$t_4 = \frac{l_{\text{ruč}}}{v_{\text{ruč}}} = 65 \text{ min}$$

5. takt

$$t_5 = 20 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme izrade za **Model 6** iznosi $T_6 = 213 \text{ min}$.

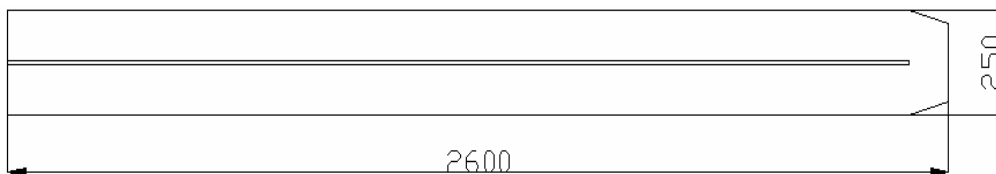
Takt s najduljim trajanjem je $t_3 = 66 \text{ min}$.

4.3.3. Grupa 3552

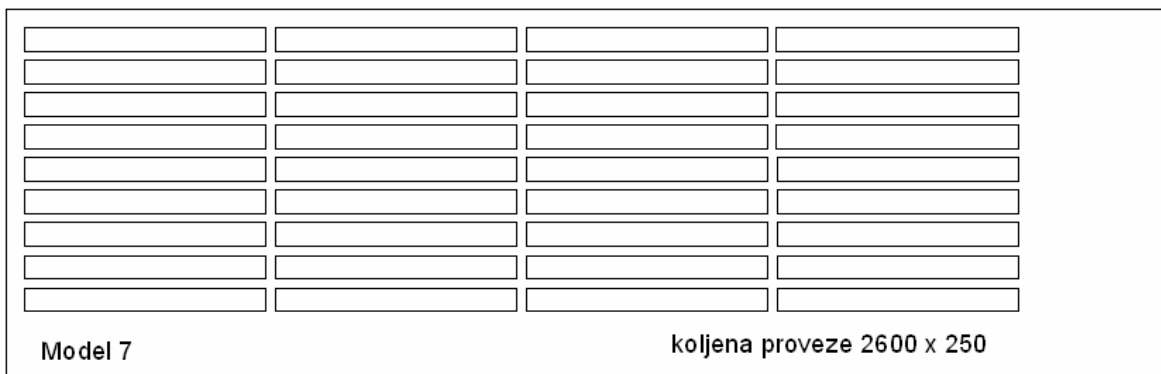
Izvršen je proračun taktnih vremena za jedan model.

Model 7

Na radnu platformu su smješteno 36 koljena proveze dim. 2600 x 250 mm. Slikom 23 prikazano je koljeno proveze, a smještaj koljena proveze na radnu platformu slikom 24.



Slika 23. Koljeno proveze



Slika 24. Smještaj podsklopova na radnoj platformi

Izrada podsklopova organizirana je tako da se u 2. taktu postavi i privari 34 od 36 ukrepa.

U 3. taktu se automatizirano zavaruje 18 ukrepa.

U 4. taktu se postave i privare preostale 2 ukrepe koje nisu privarene u 2. taktu, a nakon toga se ručno zavaruje 18 ukrepa.

1. takt

$$t_1 = v_{\text{trans}} \cdot n_{\text{lim}} [\text{s}] = 4320 \text{ s} = 72 \text{ min}$$

2. takt

Ukrepe koljena su prosječne dužine 2490 mm - broj privara je 12, $n_{\text{profil}} = 34$
Slijedi $t_{\text{priv}} = 270 \text{ s}$.

Trajanje 2 .takta iznosi:

$$t_2 = t_{\text{priv}} \cdot n_{\text{profil}} [\text{s}] = 9180 \text{ s} = 153 \text{ min}$$

3. takt

Ukupna duljina zavarivanja iznosi $l = 44820 \text{ mm}$
Ukupni broj profila iznosi $n_{\text{profil}} = 18$

Trajanje 3 .takta iznosi:

$$t_3 = \frac{l}{6,33} + 30 \cdot n_{\text{profil}} + 60 \cdot n_{\text{profil}} [\text{s}] = 8700 \text{ s} = 145 \text{ min}$$

4. takt

Vrijeme postavljanja i privarivanja za 2 ukrepe iznosi $t_{\text{post}} = 6 \text{ min}$.

Ukupna duljina profila za zavariti je 44820 mm.

Ukupna duljina ručnog zavarivanja iznosi $l_{\text{ruč}} = 89640 \text{ mm} = 89,64 \text{ m}$

Ručno zavarivanje se izvodi na 2 poluautomatske zavarivačke jedinice tj. svaki zavarivač treba zavariti $l_{\text{ruč}} = 44,82 \text{ m}$.

Trajanje 4. takta iznosi:

$$t_4 = \frac{l_{\text{ruč}}}{v_{\text{ruč}}} + t_{\text{post}} = 150 \text{ min}$$

5. takt

$$t_5 = 20 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme izrade za **Model 7** iznosi $T_7 = 540 \text{ min}$.

Takt s najduljim trajanjem je $t_2 = 153 \text{ min}$.

5. PRORAČUN TAKTNIH VREMENA ROBOTIZIRANE LINIJE

Trajanje jednog takta (ili taktno vrijeme) označava trajanje svih operacija koje se izvršavaju u jednom taktu. Rad robotizirane linije organiziran je u 3 takta. Za razliku od automatizirane linije, ovdje nema pokretnih radnih platformi na koje se smješta više podsklopova, već se podsklop nalazi na istom mjestu kroz sva tri takta. Zato se ovdje računaju taktna vremena za svaki karakteristični podsklop pojedinačno. Proračun je napravljen za 5 karakterističnih podsklopova tj. modela, a za karakteristične podsklopove su odabrani oni koji se najčešće pojavljuju u pojedinoj grupi.

Zavari koji se pojavljuju kod podsklopova robotizirane linije nalaze se u horizontalnoj (paralelna s radnom platformom) i vertikalnoj (okomita na radnu platformu) ravnini. Iako robot za zavarivanje ima mogućnost zavarivanja u vertikalnoj ravnini, ono se ovdje ne izvodi robotom nego ručno. Razlog tome je što je uvjet za vertikalno zavarivanje robotom da zračnost između ukrepe i lima ne bude veća od 1 mm, a taj uvjet ovdje nije zadovoljen.

5.1. Proračun trajanja taktova

1. takt –postavljanje lima, postavljanje i privarivanje ukrepa

Mostna dizalica na kojoj je postavljena magnetska greda uzima lim s međuskladišta koje se nalazi na početku linije. Lim se postavlja na radnu platformu.

Za vrijeme transportiranja i pozicioniranja jednog lima uzima se $t_{trans} = 120 \text{ s / kom.}$

Kada je lim postavljen slijedi postavljanje i privarivanje ukrepa na lim. Mostna dizalica s magnetskom gredom uzima ukrepu s palete koja se nalazi bočno od linije, donosi je na lim. Potom se ukrepa spušta i privaruje na lim.

Za vrijeme postavljanja i privarivanja jedne ukrepe uzima se $t_{post} = 180 \text{ s / kom}$

Trajanje 1. takta dobije se po:

$$t_1 = t_{trans} + t_{post} \cdot n_{profil} [s], \text{ gdje je } n_{profil} \text{ broj ukrepa na podsklopu}$$

2. takt –robotizirano zavarivanje ukrepa

Kada su sve ukrepe privarene na lim započinje robotizirano zavarivanje. Robot za zavarivanje dolazi iznad podsklopa i skenira ga. Kada je skeniranje gotovo, operater na zaslonu odabire ukrepe koje robot treba zavariti i pokreće zavarivanje.

Trajanje skeniranja i odabira ukrepa za zavariti je $t_{\text{sken}} = 60 \text{ s}$ / podsklopu. Robot izvodi zavarivanje u horizontalnoj ravnini brzinom od $v_{\text{zav}} = 350 \text{ mm / min} = 5,83 \text{ mm / s}$.

Robotizirano zavarivanje je jednostrano tj. prvo se zavaruje kutni zavar s jedne strane ukrepe pa s druge. Ukupna duljina zavarivanja dobije se udvostručavanjem duljine ukrepa.

Trajanje 2. takta dobije se po:

$$t_2 = t_{\text{sken}} + \frac{l}{v_{\text{zav}}} [\text{s}], \text{ gdje je } l \text{ ukupna duljina zavarivanja}$$

3. takt –vertikalno zavarivanje, kontrola i ispravci

Iz već spomenutih razloga, vertikalni zavari se izvode ručno. Brzina vertikalnog zavarivanja je $v_{\text{ruč}} = 150 \text{ mm / min} = 2,5 \text{ mm / s}$. Kako i ovdje treba kutno zavariti s jedne pa s druge strane ukrepe, duljina zavarivanja dobije se udvostručavanjem visine ukrepa koje treba zavariti.

Kako je riječ o manjim podsklopovima od onih koji se proizvode na automatiziranoj liniji, ovdje se za vrijeme kontrole i ispravaka uzima $t_{\text{isp}} = 600 \text{ s} = 10 \text{ min}$.

Trajanje 3. takta dobije se po:

$$t_3 = \frac{l_{\text{vert}}}{v_{\text{ruč}}} + t_{\text{isp}} [\text{s}], \text{ gdje je } l_{\text{vert}} \text{ ukupna duljina vertikalnog zavarivanja}$$

Ukoliko je potrebno izjednačiti trajanje taktova, dio horizontalnog zavarivanja se ručno izvodi u 3. taktu. Za brzinu ručnog zavarivanja se uzima $0,31 \text{ m / min}$.

5.2. Taktna vremena pri izradi podsklopova tankera

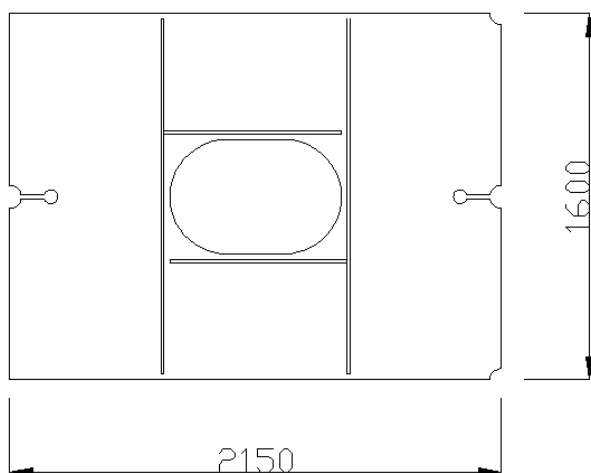
Proveden je proračun taktnih vremena pri izradi karakterističnih podsklopova tankera koji se izrađuju na robotiziranoj liniji. Za grupu dvodna 3510 proračun je proveden za dva karakteristična podsklopa tj. modela te također za dva modela za grupu dvoboka 3550.

5.2.1. Grupa 3510

Izvršen je proračun taktnih vremena za dva modela.

Model 1

Modelom 1 proračunata su taktna vremena izrade koljena tunelske kobilice koje je prikazano slikom 25.



Slika 25. Koljeno tunelske kobilice

1. takt

Broj ukrepa za postaviti i privariti $n_{\text{profil}} = 4$

Trajanje 1. takta iznosi:

$$t_1 = t_{\text{trans}} + t_{\text{post}} \cdot n_{\text{profil}} [\text{s}] = 840 \text{ s} = 14 \text{ min}$$

2. takt

Ukupna duljina ukrepa za zavariti je 4650 mm.

Ukupna duljina robotiziranog zavarivanja iznosi $l = 9300 \text{ mm}$

Trajanje 2. takta iznosi:

$$t_2 = t_{\text{sken}} + \frac{l}{v_{\text{zav}}} [\text{s}] = 1655 \text{ s} = 28 \text{ min}$$

3. takt

Ukupna visina ukrepa za zavariti je 300 mm.

Ukupna duljina robotiziranog zavarivanja iznosi $l_{\text{vert}} = 600 \text{ mm}$

Kontrola i ispravci 10 min.

Trajanje 3. takta iznosi:

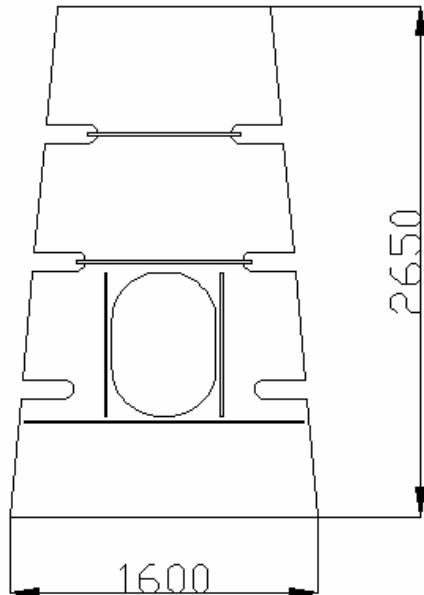
$$t_3 = \frac{l_{\text{vert}}}{v_{\text{ruč}}} + t_{\text{isp}} [\text{s}] = 840 \text{ s} = 14 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme izrade za **Model 1** iznosi $T_1 = 56 \text{ min}$.

Takt s najduljim trajanjem je $t_2 = 28 \text{ min}$.

Model 2 – okvirno koljeno stoola

Modelom 2 proračunata su taktna vremena izrade okvirnog koljena stoola koje je prikazano slikom 26.



Slika 26. Okvirno koljeno stoola

1. takt

Broj ukrepa za postaviti i privariti $n_{\text{profil}} = 5$

Trajanje 1. takta iznosi:

$$t_1 = t_{\text{trans}} + t_{\text{post}} \cdot n_{\text{profil}} [\text{s}] = 1080 \text{ s} = 18 \text{ min}$$

2. takt

Ukupna duljina ukrepa za zavariti je 4615 mm.

Ukupna duljina robotiziranog zavarivanja iznosi $l = 9230 \text{ mm}$

Trajanje 2. takta iznosi:

$$t_2 = t_{\text{sken}} + \frac{l}{v_{\text{zav}}} [\text{s}] = 1643 \text{ s} = 28 \text{ min}$$

3. takt

Nema vertikalnih zavara.
Kontrola i ispravci 10 min.

Trajanje 3. takta iznosi:

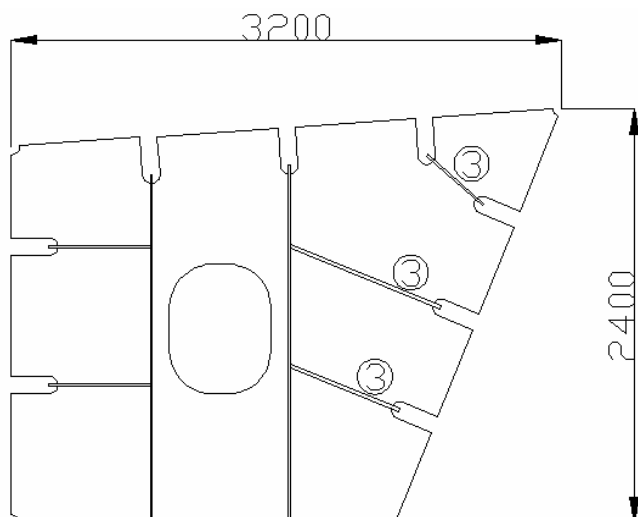
$$t_3 = 10 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme izrade za **Model 2** iznosi $T_2 = 56 \text{ min}$.
Takt s najduljim trajanjem je $t_2 = 28 \text{ min}$.

5.2.2. Grupa 3550

Model 3

Modelom 3 proračunata su taktna vremena izrade okvirnog koljena gornjeg bočnog tanka koje je prikazano slikom 27.



Slika 27. Okvirno koljeno gornjeg bočnog tanka

Zbog ujednačavanja trajanja taktova, osim vertikalnih zavora, u 3. taktu se ručno izvodi i dio horizontalnih zavora. Ukrepe koje ručno zavaruju u 3. taktu označene su na slici 24 znamenkom 3.

1. takt

Broj ukrepa za postaviti i privariti $n_{\text{profil}} = 7$

Trajanje 1. takta iznosi:

$$t_1 = t_{\text{trans}} + t_{\text{post}} \cdot n_{\text{profil}} [\text{s}] = 1380 \text{ s} = 23 \text{ min}$$

2. takt

Ukupna duljina ukrepa za zavariti je 5090 mm.

Ukupna duljina robotiziranog zavarivanja iznosi $l = 10180 \text{ mm}$

Trajanje 2. takta iznosi:

$$t_2 = t_{\text{sken}} + \frac{l}{v_{\text{zav}}} [\text{s}] = 1806 \text{ s} = 30 \text{ min}$$

3. takt

Duljina vertikalnih zavora je 1440 mm.

Trajanje ručnog vertikalnog zavarivanja je 10 min.

Duljina horizontalnih zavora je 4160 mm.

Trajanje horizontalnog zavarivanja iznosi 13 min.

Kontrola i ispravci 10 min.

Trajanje 3. takta iznosi:

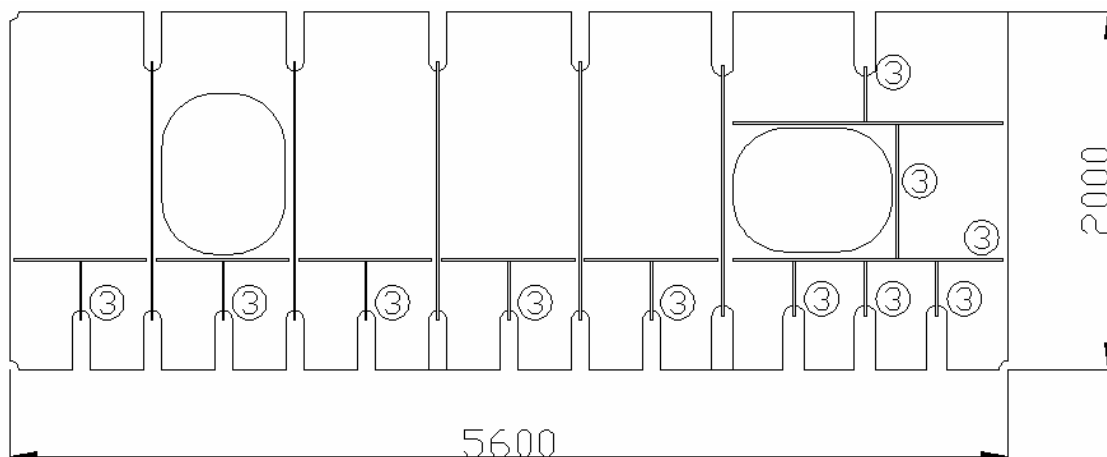
$$t_3 = 33 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme izrade za **Model 3** iznosi $T_3 = 86 \text{ min}$.

Takt s najduljim trajanjem je $t_3 = 33 \text{ min}$.

Model 4

Modelom 4 proračunata su taktna vremena izrade okvirnog rebra koje je prikazano slikom 28.



Slika 28. Okvirno rebro

Dio horizontalnog zavarivanja obavlja se u 3. taktu. Ukrepe koje se zavaruju ručno u 3. taktu označene su na slici 25 znamenkom 3.

1. takt

Broj ukrepa za postaviti i privariti $n_{\text{profil}} = 21$

Trajanje 1. takta iznosi:

$$t_1 = t_{\text{trans}} + t_{\text{post}} \cdot n_{\text{profil}} [\text{s}] = 3900 \text{ s} = 65 \text{ min}$$

2. takt

Ukupna duljina ukrepa za zavariti je 12425 mm.

Ukupna duljina robotiziranog zavarivanja iznosi $l = 24850 \text{ mm}$

Trajanje 2. takta iznosi:

$$t_2 = t_{\text{sken}} + \frac{l}{v_{\text{zav}}} [\text{s}] = 4322 \text{ s} = 72 \text{ min}$$

3. takt

Duljina vertikalnih zavora je 3300 mm.

Trajanje ručnog vertikalnog zavarivanja je 22 min.

Duljina horizontalnih zavora je 10440 mm.

Trajanje horizontalnog zavarivanja iznosi 34 min.

Kontrola i ispravci 10 min.

Trajanje 3. takta iznosi:

$$t_3 = 66 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme izrade za **Model 4** iznosi $T_4 = 203 \text{ min}$.

Takt s najduljim trajanjem je $t_2 = 72 \text{ min}$.

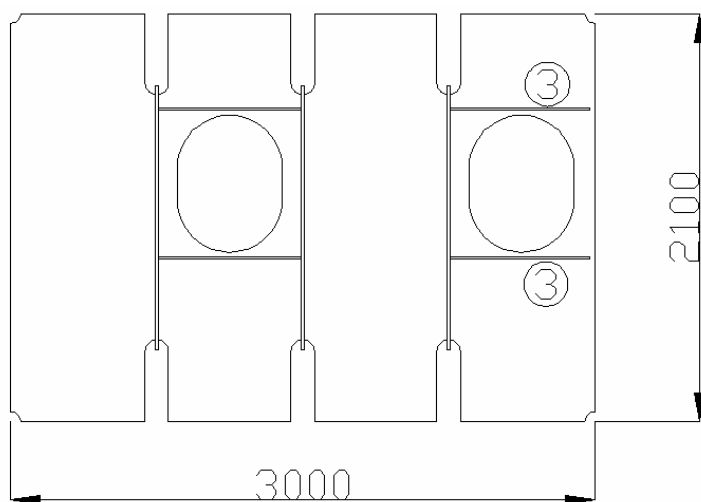
5.3. Taktna vremena pri izradi podsklopova broda za prijevoz automobila

Na robotiziranoj liniji se za brod za prijevoz automobila proizvode samo podsklopovi grupe dvodna 3511. Proračun je proveden za jedan karakteristični podsklop tj. model.

5.3.1. Grupa 3511

Model 5

Modelom 5 proračunata su taktna vremena izrade rebrenica koje je prikazano slikom 29.



Slika 29. Rebrevenica

Dio horizontalnog zavarivanja obavlja se u 3. taktu. Ukrepe koje se zavaruju ručno u 3. taktu označene su na slici 26 brojkom 3.

1. takt

Broj ukrepa za postaviti i privariti $n_{\text{profil}} = 7$

Trajanje 1. takta iznosi:

$$t_1 = t_{\text{trans}} + t_{\text{post}} \cdot n_{\text{profil}} [\text{s}] = 1380 \text{ s} = 23 \text{ min}$$

2. takt

Ukupna duljina ukrepa za zavariti je 5560 mm.

Ukupna duljina robotiziranog zavarivanja iznosi $l = 11120$ mm

Trajanje 2. takta iznosi:

$$t_2 = t_{\text{sken}} + \frac{l}{v_{\text{zav}}} [\text{s}] = 1967 \text{ s} = 33 \text{ min}$$

3. takt

Duljina vertikalnih zavora je 1800 mm.

Trajanje ručnog vertikalnog zavarivanja je 12 min.

Duljina horizontalnih zavora je 2960 mm.

Trajanje horizontalnog zavarivanja iznosi 10 min.

Kontrola i ispravci 10 min.

Trajanje 3. takta iznosi:

$$t_3 = 32 \text{ min}$$

Ukupno vrijeme izrade za **Model 5** iznosi $T_5 = 88$ min.

Takt s najduljim trajanjem je $t_2 = 33$ min.

6. OPTEREĆENJE AUTOMATIZIRANE LINIJE

U 4. poglavlju dana su vremena izrade modela tj. radnih platformi na kojima su smješteni karakteristični podsklopovi, a koji se proizvode na automatiziranoj liniji.

U točkama 6.1 i 6.2 računaju se vremena izrade svih podsklopova unutar jedne grupe, posebno za tanker (točka 6.1) i za brod za prijevoz automobila (točka 6.2)

Do vremena izrade svih podsklopova unutar jedne grupe dolazi se na sljedeći način: posebno se računaju vremena izrade podsklopova iste vrste. Za vrijeme izrade prve platforme uzima se ukupno vrijeme izrade tj. trajanje svih 5 taktova. Za svaku sljedeću platformu se kao vrijeme izrade uzima trajanje najduljeg takta pri izradi te vrste podsklopa. Princip proračuna je takav jer se na svih 5 radnih stanica radne operacije odvijaju istovremeno, a najdulji takt je onaj koji određuje vremenske razmake pomicanja radnih platformi.

Kada je izračunato vrijeme izrade svih podsklopova jedne vrste, prelazi se na podsklopove sljedeće vrste. Za vrijeme izrade prve platforme sljedeće vrste podsklopova opet se uzima ukupno vrijeme izrade tj. trajanje svih 5 taktova, a za svaku sljedeću platformu trajanje najduljeg takta.

U točki 6.3 računa se vrijeme izrade podsklopova za godišnji proizvodni program brodogradilišta, tj. za 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila. Princip proračuna objašnjen je u točki 3.2

6.1. Grupe tankera

6.1.1. Grupa 3510

Vrsta i količina podsklopova grupe dvodna **3510** tankera koji se proizvode na automatiziranoj liniji prikazana je u tablici 15, a određena je u točki 3.3.3.

Tablica 15. Vrsta i količina podsklopova u grupi dvodna 3510

Podsklop	Broj podsklopova
1. rebrenica 6,4 x 2,15	16
2. rebrenica 4,8 x 2,15	16
3. uzdužni nosač 11,05 x 2,15	12
3. uzvojna rebrenica 4,0 x 2,15	14
4. koljena 2,4 x 0,8	16
5. pokrov uzvojnog tanka i oplata stoola 11,05 x 3,5	10

Rebrenice i koljena proizvode se prema **Modelu 1** i **Modelu 1 (bez koljena)**. Kod **Modela 1** na radnoj platformi su smještene 2 rebrenice, jedna većih i jedna manjih dimenzija te 5 koljena.

Potrebno je proizvesti 16 koljena pa se ona pojavljuju na prve 3 platforme čije vrijeme izrade se uzima po **Modelu 1**.

Sljedećih 13 radnih platformi sadrži samo rebrenice, jednu većih i jednu manjih dimenzija, a njihovo vrijeme izrade se računa po **Modelu 1 (bez koljena)**.

Vrijeme izrade rebrenica i koljena: prva platforma dolazi do kraja linije za 200 min, sljedeće dvije na kojima se proizvode i koljena za 65 min. Nakon toga slijedi 13 platformi na kojima se proizvode samo rebrenice, a koje dolaze do kraja linije u razmaku od 38 min.

Ukupno vrijeme izrade rebrenica i koljena je 824 min.

Uzdužni nosači proizvode se prema **Modelu 2** kod kojeg je na radnoj platformi smješten jedan uzdužni nosač. Potrebno je proizvesti 12 uzdužnih nosača.

Vrijeme izrade uzdužnih nosača: prva platforma je gotova za 170 min, a svaka sljedeća izlazi s linije u razmaku od 59 min.

Ukupno vrijeme izrade uzdužnih nosača je 819 min.

Za uzvojne rebrenice nije napravljen model s proračunom taktnih vremena pa se vrijeme izrade aproksimira. Koristi se podatak vremena trajanja najduljeg takta iz **Modela 1** izraženom po jednom metru ukrepe. Ovo vrijeme trajanja iznosi 2,15 min.

Za zadane dimenzije, na radnu platformu moguće je postaviti 5 uzvojnih rebrenica koje na sebi imaju ukrepe ukupne duljine cca. 30 m. Slijedi trajanje najduljeg takta pri izradi uzvojnih rebrenica od 65 min. Za trajanje izrade prve platforme uzima se procijenjena vrijednost od 180 min.

Vrijeme izrade uzvojnih rebrenica: prva platforma je gotova za 180 min, a svaka sljedeća izlazi s linije u razmaku od 65 min.

Ukupno vrijeme izrade uzvojnih rebrenica je 310 min.

Zbog sličnosti pokrova uzvojnog tanka i oplata stoola s pokrovom gornjeg bočnog tanka, za izračun njihovog trajanja izrade koristi se **Model 3 (bez koljena)**. Na radnu platformu smješten je jedan pokrov uzvojnog tanka tj. jedna oplata stoola. Potrebno je proizvesti 10 pokrova uzvojnog tanka tj. oplata stoola.

Vrijeme izrade pokrova uzvojnog tanka i oplata stoola: prva platforma dolazi na kraj linije za 149 min, a sljedećih 9 u razmaku od 92 min.

Ukupno vrijeme izrade pokrova uzvojnog tanka i oplata stoola je 977 min.

Zbrajanjem vremena izrade pojedinih vrsta podsklopova dolazi se do ukupnog vremena izrade svih podsklopova grupe dvodna 3510 što je prikazano u tablici 16.

Tablica 16. Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe 3510

Podsklopovi	Vrijeme izrade [min]
Rebrenice, koljena	824
Uzdužni nosači	819
Uzvojne rebrenice	310
Pokrovi uzvojnog tanka, oplata stoola	977
Ukupno	2930

Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe dvodna 3510 za automatiziranu liniju iznosi 2930 min = 49 h.

6.1.2. Grupa 3550

Vrsta i količina podsklopova grupe dvoboka **3550** tankera koji se proizvode na automatiziranoj liniji prikazana je u tablici 17, a određena je u točki 3.3.3.

Tablica 17. Vrsta i količina podsklopova u grupi dvoboka 3550

Podsklop	Broj podsklopova
1. proveza 11,05 x 2,0	8
2. koljeno proveze 1,3 x 0,8	12
3. pokrov gornjeg bočnog tanka 11,05 x 3,6	4

Zbog sličnosti proveze s uzdužnim nosačem u grupi 3510, za proračun trajanja izrade proveze koristi se **Model 2**, kod kojeg je na radnu platformu smješten jedan uzdužni nosač. Potrebno je proizvesti 8 proveza.

Vrijeme izrade proveza: prva platforma dolazi do kraja linije za 170 min, a svaka sljedeća izlazi s nje u razmaku od 59 min.

Ukupno vrijeme izrade proveza je 583 min.

Pokrov gornjeg bočnog tanka i koljena proveze proizvode se prema **Modelu 3** i **Modelu 3 (bez koljena)**. Kod **Modela 3** na radnoj platformi je smješten 1 pokrov gornjeg bočnog tanka i 4 koljena.

Potrebno je proizvesti 12 koljena proveze pa se ona pojavljuju na prve 3 platforme čije vrijeme izrade se uzima po **Modelu 3**.

Četvrta radna platforma sadrži samo pokrov gornjeg bočnog tanka, a njegovo vrijeme izrade se računa po **Modelu 3 (bez koljena)**.

Vrijeme izrade pokrova gornjeg bočnog tanka i koljena proveze: prva platforma dolazi do kraja linije za 203 min, a sljedeće tri izlaze s nje u razmacima od 92 min.

Ukupno vrijeme izrade pokrova gornjeg boč. tanka i koljena proveze je 479min.

Zbrajanjem vremena izrade pojedinih vrsta podsklopova dolazi se do ukupnog vremena izrade svih podsklopova grupe dvoboka 3550 što je prikazano u tablici 18.

Tablica 18. Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe 3550

Podsklopovi	Vrijeme izrade [min]
Proveze	583
Pokrovi gornjeg bočnog tanka, koljena proveze	479
Ukupno	1062

Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe dvoboka 3550 za automatiziranu liniju iznosi 1062 min = 17,7 h.

6.2. Grupe broda za prijevoz automobila

6.2.1. Grupa 3511

Vrsta i količina podsklopova grupe dvodna **3511** broda za prijevoz automobila koji se proizvode na automatiziranoj liniji prikazana je u tablici 19, a određena je u točki 3.3.3.

Tablica 19. Vrsta i količina podsklopova u grupi dvodna 3511

Podsklop	Broj podsklopova
1. uzdužni nosač 9,6 x 2,1	6
2. koljeno hrptenice 2,1 x 0,7	25
3. koljeno bočnog nosača 2,1 x 0,7	10
4. koljeno uzvojnog tanka 1,5 x 1,0	32
5. koljeno 2,1 x 0,7	22

Uzdužni nosači proizvode se prema **Modelu 5** kod kojeg je na radnu platformu smješten 1 uzdužni nosač. Potrebno je proizvesti 6 uzdužnih nosača.

Vrijeme izrade uzdužnih nosača: prva platforma je gotova za 131 min, a svaka sljedeća izlazi s linije u razmaku od 40 min.

Ukupno vrijeme izrade uzdužnih nosača je 331 min.

Koljena hrptenice proizvode se prema **Modelu 4** kod kojeg je na radnu platformu smješteno 25 koljena.

Sva koljena hrptenice grupe 3511 smještena su na jednoj radnoj platformi čije vrijeme od početka izrade do izlaska s linije iznosi 331,5 min.

Zbog sličnosti koljena navedenih u tablici 19 pod točkama 3, 4 i 5 s koljenima hrptenice uzima se da je taktno vrijeme i broj tih koljena po radnoj platformi isti kao za koljena hrptenice. Iz toga slijedi da se ta koljena izrađuju na sljedeće 3 radne platforme od kojih svaka dolazi na kraj linije u razmaku od 103 min, što je trajanje najduljeg takta kod **Modela 4**.

Vrijeme izrade svih koljena iz tablice 19 : prva platforma je gotova za 331,5 min, a sljedeće 3 izlaze s linije u razmaku od 103 min.

Ukupno vrijeme izrade koljena iz tablice 19 je 640 min.

Zbrajanjem vremena izrade pojedinih vrsta podsklopova dolazi se do ukupnog vremena izrade svih podsklopova grupe dvodna 3511 što je prikazano u tablici 20.

Tablica 20. Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe 3511

Podsklopovi	Vrijeme izrade [min]
Uzdužni nosači	331
Koljena hrptenice, koljena bočnog nosača, koljena uzvojnog tanka, koljena	640
Ukupno	971

Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe dvodna 3511 za automatiziranu liniju iznosi 971 min = 16,2 h.

6.2.2. Grupa 3551

Vrsta i količina podsklopova grupe boka **3551** broda za prijevoz automobila koji se proizvode na automatiziranoj liniji prikazana je u tablici 21, a određena je u točki 3.3.3.

Tablica 21. Vrsta i količina podsklopova u grupi boka 3551

Podsklop	Broj podsklopova
1. proveza 12,8 x 2,6	6
2. koljeno (proveze i dr.) 1,5 x 1,0	8
3. okvirno rebro 3,0 x 2,6	4

Zbog sličnosti pokrova gornjeg bočnog tanka kod tankera i proveze kod broda za prijevoz automobila, proračun za proveze se proizvodi prema **Modelu 3 (bez koljena)**. Kod **Modela 3 (bez koljena)** na radnu platformu je smješten 1 pokrov gornjeg bočnog tanka.

Potrebno je proizvesti 6 proveza.

Vrijeme izrade proveza: prva platforma dolazi do kraja linije za 149 min, a sljedećih 5 izlazi s nje u razmacima od 92 min.

Ukupno vrijeme izrade proveza je 609 min.

Okvirna rebra proizvode se po **Modelu 5** kod kojeg su na radnu platformu smještena 4 okvirna rebra. Kako je potrebno proizvesti ukupno 4 okvirna rebra, ona se sva nalaze na prvoj platformi.

Vrijeme izrade okvirnih rebara: vrijeme izrade jedne platforme od početka izrade do izlaza s linije iznosi 213 min.

Ukupno vrijeme izrade okvirnih rebara je 213 min.

Vrijeme izrade koljena proveze slijedi iz vremena za izradu po jednom komadu koljena iz **Modela 6**. Kod **Modela 6** je izrada 36 koljena proveze trajala u najduljem taktu 153 minute. Slijedi da je po jednom koljenu potrebno 4,25 min.

Ukupno vrijeme izrade koljena proveze u grupi 3551 je 34 min.

Zbrajanjem vremena izrade pojedinih vrsta podsklopova dolazi se do ukupnog vremena izrade svih podsklopova grupe boka 3551 što je prikazano u tablici 22.

Tablica 22. Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe 3551

Podsklopovi	Vrijeme izrade [min]
Proveze	609
Okvirna rebra	213
Koljena (proveze i dr.)	34
Ukupno	856

Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe boka 3551 za automatiziranu liniju iznosi 856 min = 14,3 h

6.2.3. Grupa 3552

Vrsta i količina podsklopova grupe boka **3552** broda za prijevoz automobila koji se proizvode na automatiziranoj liniji prikazana je u tablici 23, a određena je u točki 3.3.3.

Tablica 23. Vrsta i količina podsklopova u grupi 3552

Podsklop	Broj podsklopova
1. koljeno proveze 2,6 x 0,25	36
2. koljeno 1,0 x 0,5	9
3. proveza 3,2 x 2,0	2

Koljena proveze se proizvode prema **Modelu 6** kod kojeg je 36 koljena smješteno na jednu radnu platformu. Kako je potrebno proizvesti 36 koljena, ona se sva nalaze na prvoj radnoj platformi.

Vrijeme izrade koljena proveze: vrijeme izrade jedne platforme od početka izrade do izlaza s linije iznosi 540 min.

Ukupno vrijeme izrade koljena proveze je 540 min.

Zbog sličnosti pokrova gornjeg bočnog tanka kod tankera i proveze kod broda za prijevoz automobila, proračun za proveze se proizvodi prema **Modelu 3 (bez koljena)**. Kod **Modela 3 (bez koljena)** na radnu platformu je smješten 1 pokrov gornjeg bočnog tanka.

Potrebno je proizvesti 2 proveze.

Vrijeme izrade proveza: prva platforma dolazi do kraja linije za 149 min, a druga za 92 min.

Ukupno vrijeme izrade proveza je 241 min.

Vrijeme izrade koljena iz tablice 23 navedenih pod točkom 2 se određuje približno. Pri tome se koristi podatak iz **Modela 6** o vremenu trajanja najduljeg takta izraženom po jednom koljenu. Kod **Modela 6** je izrada 36 koljena proveze trajala u najduljem taktu 153 min. Slijedi da je po jednom koljenu za izradu potrebno 4,25 min.

Vrijeme izrade koljena: ukupno je potrebno proizvesti 9 koljena, a za svako je potrebno 4,25 min.

Ukupno vrijeme izrade koljena 34 min.

Zbrajanjem vremena izrade pojedinih vrsta podsklopova dolazi se do ukupnog vremena izrade svih podsklopova grupe boka 3552 što je prikazano u tablici 24.

Tablica 24. Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe 3552

Podsklopovi	Vrijeme izrade [min]
Koljena proveze	540
Proveze	241
Koljena	38
Ukupno	819

Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe boka 3552 za automatiziranu liniju iznosi 819 min = 13,6 h.

6.3. Usporedba opterećenja i kapaciteta automatizirane linije

Opterećenje automatizirane linije predstavlja ukupan broj sati potreban za proizvesti podsklopove u teretnom prostoru za godišnji proizvodni program brodogradilišta tj. za 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila.

U tablici 25 navode se vremena izrade jedne grupe, vremena izrade za 1 tanker te vremena izrade za 3 tankera. Zbrajanjem vremena izrade grupa za 3 tankera dobije se ukupno vrijeme trajanja izrade podsklopova teretnog prostora za 3 tankera.

Tablica 25. Ukupno vrijeme izrade podsklopova tankera za CA liniju

Grupa	Vrijeme izrade grupe [h]	Vrijeme izrade za 1 brod [h]	Vrijeme izrade za 3 broda [h]
3510	49	343	1029
3550	17,7	123,9	371,7
Ukupno vrijeme trajanja izrade za 3 tankera [h]			1400,7

U tablici 26 navode se vremena izrade jedne grupe, vremena izrade za 1 brod za prijevoz automobila te vremena izrade za 2 broda za prijevoz automobila. Zbrajanjem vremena izrade grupa za 2 broda za prijevoz automobila dobije se ukupno vrijeme trajanja izrade podsklopova teretnog prostora za 2 broda za prijevoz automobila.

Tablica 26. Ukupno vrijeme izrade podsklopova broda za prijevoz automobila za CA liniju

Grupa	Vrijeme izrade grupe [h]	Vrijeme izrade za 1 brod [h]	Vrijeme izrade za 2 broda [h]
3511	16,2	129,6	259,2
3551	14,3	114,4	228,8
3552	13,6	95,6	191,2
Ukupno vrijeme trajanja izrade za 2 broda za prijevoz automobila [h]			679,2

Zbrajanjem ukupnih vremena izrade podsklopova iz tablica 25 i 26 dobije se vrijeme izrade podsklopova teretnih prostora 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila. Ukupno vrijeme izrade podsklopova teretnih prostora za 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila iznosi 2079,9 h.

Kapacitet automatizirane linije predstavlja godišnji fond sati automatizirane linije tj. ukupan broj sati koji je na raspolaganju za proizvodnju. Godišnji fond sati dobije se množenjem radnih dana u godini s brojem radnih sati u jednoj smjeni te množenjem s brojem smjena. U tablici 27 prikazan je godišnji fond sati automatizirane linije.

Tablica 27. Godišnji fond sati automatizirane linije

Broj dana u godini	365
Broj vikend dana	104
Broj prazničnih dana	5
Broj radnih dana u godini	256
Broj radnih sati u smjeni	7,5
Fond radnih sati za jednu smjenu	1920
Rad u smjenama	2
Ukupni fond radnih sati	3840

Usporedbom opterećenja i kapaciteta automatizirane linije, vidi se da je ukupan fond radnih sati veći od vremena potrebnog za izraditi sve podsklopove teretnih prostora 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila:

$$\frac{\text{opterećenje}}{\text{kapacitet}} = \frac{2079,9 \text{ h}}{3840 \text{ h}} = 0,541 = 54,1\%$$

Vrijeme potrebno za izraditi sve podsklopove teretnih prostora 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila zauzima 54,1 % ukupnog fonda radnih sati automatizirane linije.

7. OPTEREĆENJE ROBOTIZIRANE LINIJE

U 5. poglavlju dana su vremena izrade modela tj. karakterističnih podsklopova koji se proizvode na robotiziranoj liniji.

U točkama 7.1 i 7.2 računaju se vremena izrade svih podsklopova unutar jedne grupe, posebno za tanker (točka 7.1) i za brod za prijevoz automobila (točka 7.2).

Do vremena izrade svih podsklopova unutar jedne grupe dolazi se na sljedeći način: posebno se računaju vremena izrade podsklopova iste vrste. Za vrijeme izrade prvog podsklopa uzima se ukupno vrijeme izrade tj. trajanje sva 3 takta. Za svaki sljedeći podsklop se kao vrijeme izrade uzima trajanje najduljeg takta pri izradi te vrste podsklopa. Princip proračuna je takav jer se radne operacije u sva 3 takta odvijaju istovremeno, a najdulji takt je onaj koji određuje vremenske razmake započinjanja sljedećeg takta.

Kada je izračunato vrijeme izrade svih podsklopova jedne vrste, prelazi se na podsklopove sljedeće vrste. Za vrijeme izrade prvog podsklopa sljedeće vrste podsklopova opet se uzima ukupno vrijeme izrade tj. trajanje sva 3 takta, a za svaki sljedeći podsklop trajanje najduljeg takta.

U točki 7.3 računa se vrijeme izrade podsklopova za godišnji proizvodni program brodogradilišta, tj. za 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila. Princip proračuna objašnjen je u točki 3.2

7.1. Grupe tankera

7.1.1. Grupa 3510

Vrsta i količina podsklopova grupe dvodna **3510** tankera koji se proizvode na robotiziranoj liniji prikazana je u tablici 28, a određena je u točki 3.3.3.

Tablica 28. Vrste i količine podsklopova u grupi 3510

Podsklop	Broj podsklopova
1. koljeno tunelske kobilice 2,15 x 1,8	13
2. koljeno s ukrepom 2,15 x 1,8	9
3. okvirno koljeno stoola 2,65 x 1,6	12
4. okvirno koljeno uzvojnog tanka 4,0 x 2,8	14

Koljena tunelske kobilice se izrađuju po taktnim vremenima kako je prikazano u proračunu za **Model 1**. Po **Modelu 1** se proizvode i koljena s ukrepom zbog sličnosti u konstrukciji s koljenima tunelske kobilice.

Vrijeme izrade: za vrijeme izrade prvog podsklopa se uzima ukupno vrijeme izrade od 56 min, a za preostalih 21 podsklop 28 min po podsklopu zbog preklapanja taktnih vremena.

Slijedi ukupno vrijeme izrade koljena tun. kobilice i koljena s ukrepom od 644 min.

Okvirna koljena stoola izrađuju se prema **Modelu 2**. Za izradu prvog podsklopa uzima se ukupno vrijeme izrade podsklopa od 56 min, a za preostalih 11 okvirnih koljena 28 min po podsklopu.

Slijedi ukupno vrijeme izrade okvirnih koljena stoola od 364 min.

Za proračun vremena izrade okvirnog koljena uzvojnog tanka koriste se taktna vremena izračunata za **Model 3**, tj. za okvirna koljena gornjeg bočnog tanka.

Vrijeme izrade prvog podsklopa iznosi 86 min, a za preostalih 13 okvirnih koljena gornjeg bočnog tanka 33 min po podsklopu.

Slijedi ukupno vrijeme izrade okvirnih koljena uzvojnog tanka od 515 min.

Zbrajanjem vremena izrade pojedinih vrsta podsklopova dolazi se do ukupnog vremena izrade svih podsklopova grupe dvodna 3510 što je prikazano u tablici 29.

Tablica 29. Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe 3510

Podsklopovi	Vrijeme izrade [min]
Koljena tunelske kobilice, koljena s ukrepom	644
Okvirna koljena stoola	364
Okvirna koljena uzvojnog tanka	515
Ukupno	1523

Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe dvodna 3510 za robotiziranu liniju iznosi 1523 min = 25,4 h.

7.1.2. Grupa 3550

Vrsta i količina podsklopova grupe dvodna **3550** tankera koji se proizvode na robotiziranoj liniji prikazana je u tablici 30, a određena je u točki 3.3.3.

Tablica 30. Vrste i količine podsklopova u grupi 3550

Podsklop	Broj podsklopova
1. okvirno rebro 5,6 x 2,0	28
2. koljeno gornjeg bočnog tanka 3,2 x 2,4	16
3. koljeno u dvoboku 4,8 x 0,8	11

Vrijeme izrade okvirnih rebara dobija se iz taktnih vremena izračunatih za **Model 4**. Za izradu prvog podsklopa uzima se ukupno vrijeme izrade podsklopa od 203 min, a za preostalih 27 okvirnih rebara 72 min po podsklopu. Slijedi ukupno vrijeme izrade okvirnih rebara od 2147 min.

Koljena gornjeg bočnog tanka izrađuju se po **Modelu 3**. Za izradu prvog podsklopa uzima se ukupno vrijeme izrade podsklopa od 86 min, a za preostalih 15 koljena 33 min po podsklopu. Slijedi ukupno vrijeme izrade koljena gornjeg bočnog tanka od 581 min.

Za proračun vremena izrade koljena u dvoboku koristi se vrijeme trajanja 2. takta kod **Modela 4**. Trajanje 2. takta po jednoj ukrepi kod Modela 4 iznosi 3,4 min. Koljena u boku na sebi imaju 11 ukrepa, od kojih je svaka duljine 425 mm. Vrijeme trajanja najduljeg takta za izradu koljena u boku tada iznosi 37 min. Za vrijeme izrade prvog koljena uzima se procijenjena vrijednost od 100 min. Slijedi ukupno vrijeme izrade koljena u boku od 470 min.

Zbrajanjem vremena izrade pojedinih vrsta podsklopova dolazi se do ukupnog vremena izrade svih podsklopova grupe dvoboka 3550 što je prikazano u tablici 29.

Tablica 31. Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe 3550

Podsklopovi	Vrijeme izrade [min]
Okvirna rebra	2147
Koljena gornjeg bočnog tanka	581
Koljena u boku	470
Ukupno	1523

Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe dvoboka 3550 za robotiziranu liniju iznosi 3198 min = 53,3 h.

7.2. Grupe broda za prijevoz automobila

7.2.1. Grupa 3511

Vrsta i količina podsklopova grupe dvodna **3511** broda za prijevoz automobila koji se proizvode na robotiziranoj liniji prikazana je u tablici 32, a određena je u točki 3.3.3.

Tablica 32. Količina i vrsta podsklopova u grupi 3511

Podsklop	Broj podsklopova
1. rebrenica 3,0 x 2,1	12
2. uzvojna rebrenica 3,2 x 3,2	8

Trajanje izrade rebrenica proračunava se po vremenu izrade **Modela 5**. Za izradu prvog podsklopa uzima se ukupno vrijeme izrade podsklopa od 88 min, a za preostalih 11 rebrenica 33 min po podsklopu.

Slijedi ukupno vrijeme izrade okvirnih rebara od 451 min.

Za proračun vremena izrade uzvojnih rebrenica koriste se taktna vremena izračunata za **Model 3**, tj. za okvirna koljena gornjeg bočnog tanka.

Vrijeme izrade prvog podsklopa iznosi 86 min, a za preostalih 7 uzvojnih rebrenica 33 min po podsklopu.

Slijedi ukupno vrijeme izrade uzvojnih rebrenica od 317 min.

Zbrajanjem vremena izrade pojedinih vrsta podsklopova dolazi se do ukupnog vremena izrade svih podsklopova grupe dvodna 3511 što je prikazano u tablici 33.

Tablica 33. Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe 3511

Podsklopovi	Vrijeme izrade [min]
Rebrenice	451
Uzvojne rebrenice	317
Ukupno	768

Ukupno vrijeme izrade svih podsklopova grupe dvodna 3511 za robotiziranu liniju iznosi 768 min = 12,8 h.

7.3. Usporedba opterećenja i kapaciteta robotizirane linije

Opterećenje robotizirane linije predstavlja ukupan broj sati potreban za proizvesti podsklopove u teretnom prostoru za godišnji proizvodni program brodogradilišta tj. za 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila.

U tablici 34 navode se vremena izrade jedne grupe, vremena izrade za 1 tanker te vremena izrade za 3 tankera. Zbrajanjem vremena izrade grupa za 3 tankera dobije se ukupno vrijeme trajanja izrade podsklopova teretnog prostora za 3 tankera.

Tablica 34. Ukupno vrijeme izrade podsklopova tankera za CR liniju

Grupa	Vrijeme izrade grupe [h]	Vrijeme izrade za 1 brod [h]	Vrijeme izrade za 3 broda [h]
3510	25,4	177,8	533,4
3550	53,3	373,1	1119,3
Ukupno vrijeme trajanja izrade za 3 tankera [h]			1652,7

U tablici 35 navode se vremena izrade jedne grupe, vremena izrade za 1 brod za prijevoz automobila te vremena izrade za 2 broda za prijevoz automobila. Zbrajanjem vremena izrade grupa za 2 broda za prijevoz automobila dobije se ukupno vrijeme trajanja izrade podsklopova teretnog prostora za 2 broda za prijevoz automobila.

Tablica 35. Ukupno vrijeme izrade podsklopova broda za prijevoz automobila za CR liniju

Grupa	Vrijeme izrade grupe [h]	Vrijeme izrade za 1 brod [h]	Vrijeme izrade za 2 broda [h]
3511	12,8	102,4	204,8
Ukupno vrijeme trajanja izrade za 2 broda za prijevoz automobila [h]			204,8

Zbrajanjem ukupnih vremena izrade podsklopova iz tablica 34 i 35 dobije se vrijeme izrade podsklopova teretnih prostora 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila. Ukupno vrijeme izrade podsklopova teretnih prostora za 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila iznosi 1857,5 h.

Kapacitet robotizirane linije predstavlja godišnji fond sati robotizirane linije tj. ukupan broj sati koji je na raspolaganju za proizvodnju. Godišnji fond sati dobije se množenjem radnih dana u godini s brojem radnih sati u jednoj smjeni te množenjem s brojem smjena. U tablici 36 prikazan je godišnji fond sati robotizirane linije.

Tablica 36. Godišnji fond sati robotizirane linije

Broj dana u godini	365
Broj vikend dana	104
Broj prazničnih dana	5
Broj radnih dana u godini	256
Broj radnih sati u smjeni	7,5
Fond radnih sati za jednu smjenu	1920
Rad u smjenama	2
Ukupni fond radnih sati	3840

Usporedbom opterećenja i kapaciteta robotizirane linije, vidi se da je ukupan fond radnih sati veći od vremena potrebnog za izraditi sve podsklopove teretnih prostora 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila:

$$\frac{\text{opterećenje}}{\text{kapacitet}} = \frac{1857,5 \text{ h}}{3840 \text{ h}} = 0,484 = 48,4\%$$

Vrijeme potrebno za izraditi sve podsklopove teretnih prostora 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila zauzima 48,4 % ukupnog fonda radnih sati robotizirane linije.

8. UTROŠAK DODATNOG MATERIJALA

Utrošak dodatnog materijala računa se posebno za automatiziranu odnosno robotiziranu liniju. Kod obje linije primjenjuje se MIG / MAG zavarivanje.

Dodatni materijal kod MIG / MAG zavarivanja predstavlja žica. Pogonski sistem dodaje žicu konstantnom brzinom kroz cijevni paket i pištolj u električni luk. Žica je istovremeno i elektroda i dodatni materijal, to jest njenim taljenjem se popunjava pripremljeni žlijeb.

U ovom poglavlju računa se utrošak dodatnog materijala po jednoj grupi, utrošak dodatnog materijala za sve grupe teretnog prostora jednog broda te utrošak dodatnog materijala za brodove koji se proizvode prema godišnjem proizvodnom programu brodogradilišta.

Prema lit. [4], utrošak dodatnog materijala ovisi o debljini zavarivanih elemenata ili debljini kutnog šava, o obliku i širini žljebnog otvora, zračnosti i visini zatupljenja u korišćenu žlijeba i o dužini zavarivanog spoja.

Na obje linije se izvodi samo kutni zavar, za koji je utrošak dodatnog materijala u funkciji nazivne mjere kutnog zavara, tj visine zavara i duljine zavarivanog spoja

Potrebna količina dodatnog materijala računa se pomoću mase nataljenog metala za jedan metar zavarenog spoja. Ta dužinska masa izračunava se pomoću

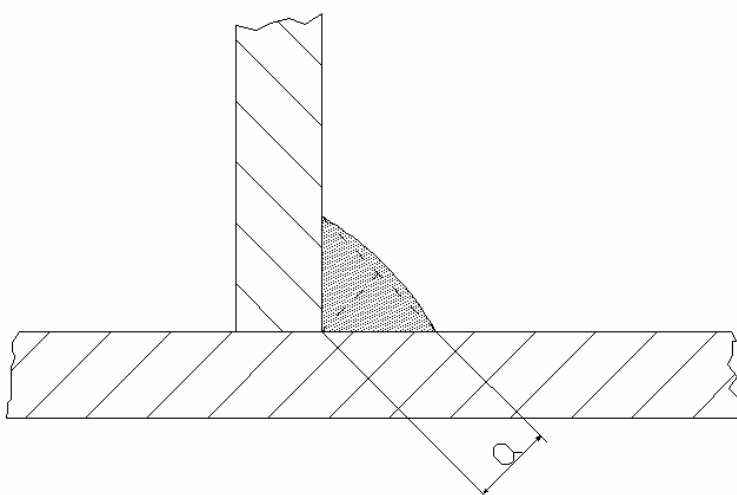
$$\text{izraza: } m_1 = \frac{A \cdot \rho}{10^3},$$

gdje je: m_1 = masa nataljenog metala za jedan metar zavarenog spoja, kg /m

A = površina poprečnog presjeka nataljenog metala, mm^2

ρ = gustoća zavarivanog metala, ovdje se uzima $7,85 \text{ g / cm}^3$

Na geometrijski definiranu veličinu površine presjeka uzima se povećanje od 10 %, tj. osnovni izraz se množi s faktorom 1,1.



Slika 30. Nazivna mjera kutnog zavara kod jednostranog kutnog zavarivanja

Površina presjeka kod kutnog zavora računa se dakle po izrazu:

$$A = 1,1 \cdot a^2,$$

gdje a = nazivna mjera kutnog zavora

Uzima se da je nazivna mjera kutnog zavora svih podsklopova koji se proizvode na automatiziranoj i robotiziranoj liniji **$a = 3,5 \text{ mm}$** .

Iz toga slijedi površina presjeka kod jednostranog kutnog zavora **$A = 13,5 \text{ mm}^2$** te masa nataljenog metala za jedan metar zavarenog spoja **$m_1 = 0,11 \text{ kg /m}$** .

U točki 8.1 računa se utrošak dodatnog materijala po jednoj grupi, po teretnom prostoru jednog broda te za godišnji proizvodni program od 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila za podsklopove koji se proizvode na automatiziranoj liniji.

U točki 8.2 računa se utrošak dodatnog materijala po jednoj grupi, po teretnom prostoru jednog broda te za godišnji proizvodni program od 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila za podsklopove koji se proizvode na robotiziranoj liniji.

8.1. *Utrošak dodatnog materijala za automatiziranu liniju*

U prijašnjoj točki dana je vrijednost mase nataljenog materijala kod jednostranog kutnog zavora. Kako se sve ukrepe zavaruju obostrano, masa dodanog materijala po jednoj grupi dobivena je množenjem duljine ukrepa koje se zavaruju s 2 te s masom nataljenog materijala po jednom metru zavarenog spoja.

U tablici 37 navode se utrošci dodatnog materijala jedne grupe, utrošci dodatnog materijala za 1 tanker i za 3 tankera. Zbrajanjem utrošaka dodatnog materijala grupa za 3 tankera dobije se ukupna masa dodatnog materijala pri zavarivanju podsklopova teretnog prostora 3 tankera na automatiziranoj liniji.

Tablica 37. Utrošak dodatnog materijala za 3 tankera

Grupa	Masa dodatnog materijala po grupi [kg]	Masa dodatnog materijala po 1 brodu [kg]	Masa dodatnog materijala po 3 broda [kg]
3510	235,3	1647,1	4941,3
3550	76,6	536,2	1689,6
Ukupna masa dodatnog materijala za 3 tankera			6631

U tablici 38 navode se utrošci dodatnog materijala jedne grupe, utrošci dodatnog materijala za 1 brod za prijevoz automobila i za 2 broda za prijevoz automobila. Zbrajanjem utrošaka dodatnog materijala grupa za 2 broda za prijevoz automobila dobije se ukupna masa dodatnog materijala pri zavarivanju podsklopova teretnog prostora 2 broda za prijevoz automobila na automatiziranoj liniji.

Tablica 38. Utrošak dodatnog materijala za 2 broda za prijevoz automobila

Grupa	Masa dodatnog materijala po grupi [kg]	Masa dodatnog materijala po 1 brodu [kg]	Masa dodatnog materijala po 2 broda [kg]
3511	61,1	488,8	977,6
3551	57,1	456,8	913,6
3552	23,8	166,6	333,2
Ukupna masa dodatnog materijala za 2 broda za prijevoz automobila			2224,4

Zbrajanjem ukupnih masa dodatnog materijala iz tablica 37 i 38 dobije se ukupna masa dodatnog materijala pri izradi podsklopova teretnih prostora 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila. Ukupna masa dodatnog materijala pri izradi podsklopova teretnih prostora 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila iznosi 8855,4 kg = 8,85 t.

8.2. *Utrošak dodatnog materijala za robotiziranu liniju*

Kao i kod automatizirane linije i ovdje se sve ukrepe zavaruju obostrano pa je masa dodanog materijala po jednoj grupi dobivena množenjem duljine ukrepa koje se zavaruju s 2 te s masom nataljenog materijala po jednom metru zavarenog spoja.

U tablici 39 navode se utrošci dodatnog materijala jedne grupe, utrošci dodatnog materijala za 1 tanker i za 3 tankera. Zbrajanjem utrošaka dodatnog materijala grupa za 3 tankera dobije se ukupna masa dodatnog materijala pri zavarivanju podsklopova teretnog prostora 3 tankera na robotiziranoj liniji.

Tablica 39. Utrošak dodatnog materijala za 3 tankera

Grupa	Masa dodatnog materijala po grupi [kg]	Masa dodatnog materijala po 1 brodu [kg]	Masa dodatnog materijala po 3 broda [kg]
3510	73,5	514,5	1543,5
3550	138	966	2898
Ukupna masa dodatnog materijala za 3 tankera			4441,5

U tablici 40 navode se utrošci dodatnog materijala jedne grupe, utrošci dodatnog materijala za 1 brod za prijevoz automobila i za 2 broda za prijevoz automobila. Zbrajanjem utrošaka dodatnog materijala grupa za 2 broda za prijevoz automobila dobije se ukupna masa dodatnog materijala pri zavarivanju podsklopova teretnog prostora 2 broda za prijevoz automobila na robotiziranoj liniji.

Tablica 40. Utrošak dodatnog materijala za 2 broda za prijevoz automobila

Grupa	Masa dodatnog materijala po grupi [kg]	Masa dodatnog materijala po 1 brodu [kg]	Masa dodatnog materijala po 2 broda [kg]
3511	50,4	403,2	806,4
Ukupna masa dodatnog materijala za 2 broda za prijevoz automobila			806,4

Zbrajanjem ukupnih masa dodatnog materijala iz tablica 39 i 40 dobije se ukupna masa dodatnog materijala pri izradi podsklopova teretnih prostora 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila. Ukupna masa dodatnog materijala pri izradi podsklopova teretnih prostora 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila iznosi 5247,9 kg = 5,25 t.

9. TEHNOEKONOMSKA ANALIZA

Uvođenje automatizirane i robotizirane linije u proces predmontaže predstavlja značajnu investiciju čiju isplativost treba dokazati. Isplativost predstavlja osnovni pokazatelj uspješnosti investiranja u poslovanje i proizvodnost brodogradilišta. Uvođenjem ovih linija smanjuje se broj zaposlenih što povećava produktivnost koja je jedan od osnovnih pokazatelja uspješnosti poslovanja brodogradilišta.

Vrijednost ulaganja u modernizaciju pogona i cijene rada različitih načina proizvodnje pokazat će isplativost investicije. Cijena radnog sata je procijenjeni podatak. Sadrži osobne dohotke radnika i opće troškove (energija, održavanje, potrošni materijal) . Za klasični način rada cijena radnog sata iznosi 14 €, dok cijena radnog sata za rad na automatiziranoj i robotiziranoj liniji iznosi 20 €.

Cijene investicije u automatiziranu i robotiziranu liniju preuzete su iz lit. [2] i iznose za :

- automatiziranu liniju 800 000 €
- robotiziranu liniju 715 000 €

9.1. Cijena rada automatizirane linije i usporedba s klasičnim načinom

Na automatiziranoj liniji je u jednoj smjeni zaposleno 6 radnika.

Za broj radnika potreban da ostvare isti godišnji proizvodni program koji ostvaruje automatizirana linija uzima se da je potrebno 3 puta više radnika nego na automatiziranoj liniji, dakle 18 radnika.

Cijene utrošenog rada za svaki od načina proizvodnje izračunate su u tablici 41. U tablici je naveden ukupni godišnji fond sati koji pomnožen s brojem zaposlenih radnika u jednoj smjeni i cijenom radnog sata daje godišnje proizvodne troškove automatizirane linije tj. klasičnog načina proizvodnje.

Tablica 41. Troškovi rada automatizirane linije i klasičnog načina rada

	Godišnji fond radnih sati [h]	Broj zaposlenih radnika	Cijena radnog sata [€]	Godišnji proizvodni troškovi [€]
Automatizirana linija	3840	6	20	460 800
Klasični način proizvodnje	3840	18	14	967 680

Godišnji proizvodni troškovi za automatiziranu liniju iznose 460 800. € , a za klasični način 967 800 €.

Razlika tih troškova predstavlja uštedu koja iznosi:

$$967\,800 - 460\,800 = 507\,000 \text{ € / god.}$$

Dijeljenjem ukupne investicije u automatiziranu liniju s izračunatom uštedom dobiva se isplativost investicije koja iznosi:

$$\frac{800\,000 \text{ eur}}{507\,000 \text{ eur / god.}} = 1,58 \text{ god.}$$

Iz gore izračunatog vidi se da će se investicija u automatiziranu liniju isplatiti za nešto više od jedne i pol godine.

9.2. Cijena rada robotizirane linije i usporedba s klasičnim načinom

Na robotiziranoj liniji je u jednoj smjeni zaposleno 3 radnika.

Za broj radnika potreban da ostvare isti godišnji proizvodni program koji ostvaruje robotizirana linija uzima se da je potrebno 3 puta više radnika nego na robotiziranoj liniji, dakle 9 radnika.

Cijene utrošenog rada za svaki od načina proizvodnje izračunate su u tablici 42. U tablici je naveden ukupni godišnji fond sati koji pomnožen s brojem zaposlenih radnika u jednoj smjeni i cijenom radnog sata daje godišnje proizvodne troškove robotizirane linije tj. klasičnog načina proizvodnje.

Tablica 42. Troškovi rada robotizirane linije i klasičnog načina rada

	Godišnji fond radnih sati [h]	Broj zaposlenih radnika	Cijena radnog sata [€]	Godišnji proizvodni troškovi [€]
Robotizirana linija	3840	3	20	230 400
Klasični način proizvodnje	3840	9	14	483 840

Godišnji proizvodni troškovi za robotiziranu liniju iznose 483 840. € , a za klasični način 230 400 €.

Razlika tih troškova predstavlja uštedu koja iznosi:

$$483\,840 - 230\,400 = 253\,400 \text{ € / god.}$$

Dijeljenjem ukupne investicije u robotiziranu liniju s izračunatom uštedom dobiva se isplativost investicije koja iznosi:

$$\frac{715\,000 \text{ eur}}{253\,400 \text{ eur / god.}} = 2,82 \text{ god.}$$

Iz gore izračunatog vidi se da će se investicija u robotiziranu liniju isplatiti za oko 3 godine.

10. ZAKLJUČAK

Zadatak ovog rada bio je analizirati tehnološki proces izrade podsklopova brodskog trupa na automatiziranoj i robotiziranoj liniji predmontaže za brodogradilište s godišnjim proizvodnim programom od 3 tankera i 2 broda za prijevoz automobila.

U analizi količina i vrsta podsklopova koji se proizvode na automatiziranoj i robotiziranoj liniji u obzir su uzeti samo teretni prostori brodova predviđenih u godišnjem proizvodnom programu brodogradilišta. Analizirane su grupe koje sačinjavaju jedan prsten u teretnom prostoru tankera i grupe koje sačinjavaju jedan prsten u teretnom prostoru broda za prijevoz automobila. Tom analizom dobiven je broj istovrsnih podsklopova koji se nalaze u jednoj grupi. Struktura prstenova u teretnom prostoru je slična pa su rezultati koji su u daljnjem proračunu dobivani za jednu grupu množeni s brojem prstenova.

Nakon što je određen broj istovrsnih podsklopova po grupama, uočeni su karakteristični podsklopovi tj. oni koji se najčešće pojavljuju. Za te karakteristične podsklopove izračunata su taktna vremena.

S poznatim taktnim vremenima bilo je moguće izračunati vrijeme potrebno za izradu svih podsklopova unutar jedne grupe. Uz već gore spomenutu pretpostavku da je struktura prstenova u teretnom prostoru slična, množenjem vremena izrade jedne grupe s brojem prstenova dobilo se vrijeme izrade svih istih grupa.

Zbrajanjem vremena izrade svih grupa tankera i broda za prijevoz automobila dobio se ukupan broj sati potreban automatiziranoj odnosno robotiziranoj liniji za proizvesti podsklopove u teretnom prostoru za godišnji proizvodni program brodogradilišta.

Taj ukupan broj sati, odnosno opterećenje, za automatiziranu liniju iznosi oko 54 % ukupnog fonda radnih sati koji je na raspolaganju u godini dana.

Opterećenje robotizirane linije iznosi oko 48 % kapaciteta odnosno godišnjeg fonda radnih sati.

Relativno mali omjer opterećenja i kapaciteta, tj. mala popunjenost linija može imati nekoliko razloga. Prvo, pri analizi su u obzir uzeti samo teretni prostori brodova, dok su prostori strojarnice, krmenog pika i nadgrađa izostavljeni. Za pretpostaviti je da se teretnom prostoru nalazi oko 80 % podsklopova koje je moguće proizvoditi na automatiziranoj odnosno robotiziranoj liniji. Dakle, određeni broj podsklopova nije uvršten u količinu koja se na linijama proizvodi. Drugo, podsklopovi iz prostora izvan teretnog su kompliciranije strukture pa bi za njihovu proizvodnju bilo potrebno više vremena.

Na kraju je napravljena kratka tehoekonomska analiza. Polazi se od podatka da je za proizvodnju klasičnim načinom potrebno 3 puta više radne snage od one koja je zaposlena kada se podsklopovi proizvode na linijama. Uz ovu pretpostavku dolazi se do isplativosti automatizirane linije u 1,5 godina, a robotizirane linije u 3 godine.

LITERATURA

- Lit. [1]: „ Tehničke karakteristike automatizirane linije “; dokumentacija iz Ponude proizvođača automatizirane linije
- Lit. [2]: „ Tehničke karakteristike robotizirane linije “; dokumentacija iz Ponude proizvođača robotizirane linije
- Lit. [3]: „ Sastav sekcija “; Brodogradilište
- Lit. [4]: „ Osnove zavarivanja “; Meden i dr., Sveučilište u Rijeci, 2000